



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Auswirkungen des Globalen Wandels
auf die Bodenerosion“

Verfasserin

Bettina Pasch

angestrebter akademischer Grad

Magistrat der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 453

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Theoretische und Angewandte Geographie

Betreuerin / Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Geogr. Dr. Thomas Glade

Erklärung

Ich versichere

- dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Oktober 2012

Bettina Pasch

Danksagung

Den Mut zu fassen, sein Leben radikal zu ändern, ist eine Herausforderung. Geographie zu studieren, war eine gute Entscheidung! Es drückt aus, dass man im Leben alles anpacken soll, wenn mal es wirklich will. An dieser Stelle danke ich meiner Mutter, dass sie meinen späten Entschluss voll unterstützt und immer verteidigt hat. Leider kannst du es selber nicht mehr miterleben. Danke für deine Kraft – ich hoff, du bist stolz auf mich. Ich widme dir diese Arbeit!

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Mann Martin. Er hat mich seit meiner Entscheidung den zweiten Bildungsweg einzuschlagen, die Berufsreife nachzuholen durch meine ganze Studienzeit hindurch und jetzt Finalprozess der Diplomarbeit immer unterstützt. Ohne seinen Rückhalt, seine Unterstützung und seine emotionale Stärke hätte ich diesen Weg nicht gehen können. Danke für deine Liebe und den Verständnis! Unser Sohn Constantin bereichert und erfüllt unser Leben, manchmal machte er das Arbeiten an der Diplomarbeit nicht leichter. Es ist wunderschön, dass du da bist!

Ohne meine helfende Hand wäre vieles nicht so leicht möglich gewesen, meiner Schwiegermutter Maria Pasch danke ich ganz besonders, dass Du bei jedem Ruf aus Graz aufgebrochen bist, mich bzw. uns zu unterstützen.

Ebenso möchte ich mich bei Prof. Dr. Beatrix Schieferer bedanken für ihr Refugium in ihrem Haus. So konnte ich in „Ruhe“ an meiner Arbeit schreiben, und du warst immer für jedes allfällige Gespräch mit Kaffee und Kuchen bereit, danke Trixi!

Herr Univ.-Prof. Dr. Thomas Glade, der mir bei der Auswahl des Themas, der langwierigen Literaturrecherche und der finalen Umsetzung sehr geholfen hat. Hilfreiche Anregungen und Tipps waren rettende Inputs, um mich in der Fülle des Diplomarbeitsthemas nicht zu verlieren und wieder den roten Faden zu finden. Danke für Ihre Geduld und das Vertrauen.

Der Arbeitsgruppe für Geomorphologie und Risikoforschung, insbesondere Dr. Rainer Bell, gilt mein Dank für viele hilfreiche Tipps und gute Gespräche.

Eine sehr wichtige und wesentliche Aufgabe haben Christina, Catrin und Rita übernommen. Sie haben viel Engagement beim Korrekturlesen bewiesen. Sie schafften es meine manchmal sehr krummen Sätze einerseits zu lesen und meine Gedanken so zu ordnen, dass diese wissenschaftlich nachvollziehbar wurden. An dieser Stelle ist auch Martin zu nennen, der ob meines Schreibstils oft schier verzweifelte– Danke. Es wurde immer besser!!!

Ganz wichtig waren die Gespräche mit Freunden und deren motivierende Worte, um diesen „langen“ Prozess endlich abzuschließen. Lieben Dank an Geli, Sabs, Tom, Isolde, Christine, Barbara und meine momentanen Mitstreiter Martina und Beate.

Zusammenfassung

Globaler Wandel und Bodenerosion haben eines gemeinsam: sie transformieren und modifizieren die soziale, wirtschaftliche und ökologische Umwelt nachhaltig. Bodenerosion ist eines der signifikantesten Umweltprobleme weltweit. Im Zuge des „World Summit on Sustainable Development“ in Johannesburg 2002 wurde Bodenerosion, neben Wasserverfügbarkeit und Desertifikation als größte Gefahrenquellen der globalen Umwelt eingestuft. Die Phänomene des Globalen Wandels üben massiv Druck auf die Tragfähigkeit von Böden aus. Bevölkerungsdruck, erhöhter Flächenbedarf, sozioökonomische Entscheidungen, Umweltpolitik, Landnutzungsänderungen, Technologie- und Klimawandel sowie Urbanisierung beschreiben nur annähernd den Globalen Wandel, da Böden höchst vulnerabel sind und unmittelbar auf natürliche wie anthropogene Einflüsse reagieren.

Die Diplomarbeit zeigt einen aktuellen Überblick zum Forschungsstand der Bodenerosion und der dezidierten Einflussnahme des Globalen Wandels. Die Arbeit verfolgt zwei Ansätze: der erste zeigt den methodischen Ablauf einer umfassenden Literaturrecherche, von der Implementierung des detaillierten Rechercheablaufplans, dem selektiven Auswahlverfahren der einzelnen Publikationen bis hin zur Präsentation der einzelnen ermittelten Publikationsergebnisse. Der zweite Ansatz beschäftigt sich mit der inhaltlichen Analyse der eruierten Studien, die das Resultat der Recherche darstellen.

Die Ergebnisse der inhaltlichen Analyse zeigen zwei unterschiedliche thematische Schwerpunkte. Die grundlegende Frage, ob der Globale Wandel, die Bodenerosion beeinflusst, wird bestätigt. Aber es hat sich gezeigt, dass die vorliegenden Arbeiten ausschließlich Teilaspekte des Globalen Wandels bearbeiten, wie die Einflussnahme des Klimawandels und der Landnutzungsänderung auf den Prozess der Bodenerosion. Der zweite thematische Ansatz beschäftigt sich mit dem globalen Aspekt der Bodenerosion. In diesem Kontext wurde aufgezeigt, dass es kaum Studien gibt, die auf globaler Maßstabsebene forschen. Eine mögliche Ursache liegt sowohl in der räumlichen Variabilität des einzelnen Erosionsprozesses als auch in der globalen Heterogenität der verschiedenen Einflussfaktoren, die sich auf die Erosionsraten auswirken. Die zeitliche Dimension spielt dabei eine entscheidende Rolle für die Beurteilung bzw. Interpretation des jeweiligen Events.

Die gewonnenen Erkenntnisse der methodischen wie inhaltlichen Analyse ermöglichen ein Fazit: Eindeutig kann nachgewiesen werden, dass Studien hinsichtlich des Globalen Wandels und dessen Einfluss betrieben werden. Aber mit der Einschränkung, dass sich der Großteil der Arbeiten, ausschließlich mit Teilaspekten des Globalen Wandels und der Bodenerosion auseinandersetzen.

Abstract

Global change and soil erosion have one thing in common: they sustainably transform and modify the social, economic and ecological environment sustainable. Soil erosion is one of the most significant environmental problems worldwide. As a part of the "World Summit on Sustainable Development" in Johannesburg in 2002, soil erosion, desertification and water availability are classified as major risk in the global environment. The phenomena of global change exert massive pressure on the resistance of soils. Population pressure, increased space requirements, socio-economic decisions, environmental policy, land-use change, technology and climate change and urbanization only approximately describe global change, because soil is highly vulnerable and responses immediately to natural and anthropogenic influences.

This thesis presents an overview of the research concerning soil erosion and the influence of global change. The work has two approaches: first, it is shown the methodical sequence of a comprehensive literature search, from the implementation of the detailed research schedule, the selection of the individual publications to the presentation of the individual determined search results. The second approach focuses on the content analysis of studies found that represent the result of the search.

The results of the content analysis show two different thematic areas. The fundamental question of whether the global change affects soil erosion has been confirmed. But it also has been shown, that this process only works with partial aspects of global change, such as, the influence of climate change and change of land use on the process of soil erosion. The second thematic approach focuses on the global aspect of soil erosion. In this context, it was shown that there are hardly any studies that research on a global scale level. A possible reason lies in both the spatial variability of an individual erosion process as well as in the global heterogeneity of the various factors that affect erosion rates. The temporal dimension plays a crucial role in the assessment and interpretation of that event.

The findings of the methodological and substantive analysis allow a conclusion: It can be proved clearly that studies on global change and its effect are conducted; but with the restriction that the majority of these studies deal exclusively with certain aspects of global change and soil erosion.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung	III
Zusammenfassung.....	VI
Abstract	VII
Inhaltsverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis	XIII
Verwendete Abkürzungen	XV
1 Bodenerosion - ein globales Thema	1
2 Theorie.....	8
2.1 Globaler Wandel – Globale Umweltveränderung –Klimawandel.....	8
2.1.1 Globaler Wandel - Globaler Umweltwandel	9
2.1.2 Systemischer und kumulativer Wandel	12
2.1.3 Klimawandel	14
2.1.4 Landnutzungsänderung.....	16
2.2 Bodendegradation	18
2.3 Bodenerosion.....	20
2.3.1 Einflussfaktoren der Bodenerosion.....	23
2.3.2 Prozesse.....	27
2.3.3 Erosionsformen der Wassererosion.....	30
2.4 Maßstab	31
... aus der Sicht der Geomorphologie	31
... aus der Sicht der Pedologie	32
2.4.1 Räumliche und zeitliche Dimension	33
2.4.2 Maßstabsrelevanz für Forschungsansätze	36
3 Methodik der Literaturrecherche.....	37

4	Ergebnisse.....	41
4.1	Globale Bodenerosion - „Hot-Spots“	42
4.2	Ergebnisse der Literaturrecherche	45
4.3	Überblick zum publizierten Forschungsstand.....	49
4.3.1	Globaler Wandel und Bodenerosion.....	51
4.3.2	„Globaler Ansatz“ der Bodenerosionsforschung	56
4.4	Unsicherheiten.....	58
5	Diskussion und Fazit	61
5.1	Diskussion der Datengrundlage	61
5.2	Diskussion der Ergebnisse.....	64
5.3	Diskussion der forschungsleitenden Fragen	67
5.4	Fazit	72
6	Perspektiven	73
7	Literaturverzeichnis	74

Lebenslauf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Globaler Wandel - Interaktion zwischen natürlichen und anthropogenen Prozessen (Aron 2001).....	10
Abbildung 2: Trends von Mensch-induzierte Umwandlung von ökologischen Komponenten (Meyer 1995).....	11
Abbildung 3: Regionale Wege zum globalen Umweltwandel: Systemischer und Kumulativer Wandel (Turner II et al 1990)	13
Abbildung 4: Beeinflussende Faktoren der Bodenerosion und deren Wirkungszusammenhänge (Valentin 1996)	15
Abbildung 5: Prozessverhältnis: Akteure - Interaktion (Veränderter Ausschnitt (Petschel-Held 1999))	18
Abbildung 6: Beispiel der unterschiedlichen Anwendung der Termini "Erosion", "Soil Erosion" (De Vente et al. 2008)	22
Abbildung 7: Faktorenkomplex Wassererosion (Frielinghaus et al. 1999).....	24
Abbildung 8: Auswirkung der unterschiedlichen Bodenbedeckung auf Erosion (Regentropfen) und Oberflächenabfluss (Toy et al. 2002)	26
Abbildung 9: Splash-Effekt von Regentropfen (Auerswald 1998).....	28
Abbildung 10: Interaktion zwischen Sedimentfracht, Transportkapazität und Ablagerung im Erosionsprozess (Toy et al. 2002).....	29
Abbildung 11: Räumlicher/Zeitlicher Maßstab am Beispiel der Geomorphologie (Slaymaker et al. 2009).....	32
Abbildung 12: Unterschiedliche Forschungsansätze zur Bodenerosionsmessungen anhand räumlicher/zeitlicher Maßstäbe (Roberts 1994).....	34

Abbildung 13: Schlüssel-Erosionsprozesse verschiedener räumlichen/zeitlichen Maßstäben (Imeson & Lavee 1998).....	35
Abbildung 14: Diagramm der einzelnen Arbeitsschritte der Literaturrecherche (eigene Darstellung)	40
Abbildung 15: Globaler Ausmaß des potentiellen Risikos durch Wassererosion (Tobler et al. 1995).....	44
Abbildung 16: Verteilung der Publikationen nach Fachzeitschriften (eigene Darstellung)	49
Abbildung 17: Nicht selektierte Bsp. für Studien zum Globalen Wandel und Erosion (Favis-Mortlock et al. 1996)	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Beispiele für mögliche Auswirkungen des Klimawandel durch Extremereignisse (Untersuchungszeitraum Mitte 20.Jhd (IPCC 2007))	16
Tabelle 2 Globale Ausdehnung - Bodendegradationsarten (Oldeman et al 1991; 1994).....	20
Tabelle 3 Zentrale (Fett hervorgehoben)/begleitende Suchbegriffskombinationen (Schritt 2)....	38
Tabelle 4 Globale und Kontinentale Ausdehnung von Bodendegradation -	42
Tabelle 5 Überblick Suchergebnisse der Literaturrecherche nach Grobselektion	46
Tabelle 6 Erstabfrage mittels Suchbegriffskombinationen: Differenzierung nach Relevanz (ja/nein/unsicher).....	47
Tabelle 7 Recherche Endergebnis der forschungsrelevanten Publikationen	48
Tabelle 8a/b Akronyme für Zeitschriften und diverse Maßstäbe	50
Tabelle 9 Übersicht Publikationen, mit Focus "Globaler Wandel und Bodenerosion"	52
Tabelle 10 Überblick der Forschungsmethoden der eruierten Arbeiten.....	53
Tabelle 11 Übersicht Publikationen mit Focus "Bodenerosion und Landnutzungsänderung"	54
Tabelle 12 Überblick der Forschungsmethoden der eruierten Arbeiten.....	55
Tabelle 13 Übersicht Publikationen Focus "Sozioökonomischer Wandel und Bodenerosion"	56
Tabelle 14 Übersicht Publikationen "Globaler Ansatz" der Bodenerosionsforschung.....	57
Tabelle 15 Übersicht Publikationen mit Focus "Klimawandel und Bodenerosion"	59

Tabelle 16 Unsicherheiten verschiedenen Ursprungs und direkter Einfluss (Favis-Mortlock und Guerra 1999)	60
Tabelle 17 Experimentelles Design für Validierung	68
Tabelle 18 Veränderungen durch Globalen Wandel (Favis-Mortlock et al. 1996)	69

Verwendete Abkürzungen

DIVERSITAS	International Programme on Biodiversity
ESSP	Earth System Science Partnership
EZG	Einzugsgebiet
EUROSEM	European Soil Erosion Model
FAO	Food and Agriculture Organization of the United States
GEC	Global Environmental Change
GLASOD	Global Assessment of Human-induced Soil Degradation
GCTE	Global Change and Terrestrial Ecosystems Core Project of the IGBP
GLP	Global Land Project of International Geosphere-Biosphere Programme
GGW	Institut für Geographie und Globalen Wandel (Universität Freiburg)
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme
IHDP	International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change
ImpelERO	Erosionsmodel (engl. expert-system/neural-network soil erosion Predicting model)
IIASA	International Institute of Applied Systems Analysis
IPCC	International Panel on Climate Change
ISI	International Sediment Initiative
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
LUCC	Land Use and Land Cover Change Project
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry (Framework Convention on Climate Change)
MEA	Millennium Ecosystem Assessment Report
MEDALUS	Mediterranean Desertification and Land Use EC-Project
NKGCF	Nationales Komitee für Global Change Forschung
PESERA	Pan-European Soil Erosion Risk

SOLAW	FAO-Bericht (The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture)
SPADS	Spatially Distributed Scoring Model
UNEP	United Nations Environment Programme
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
UNFPA	United Nation Population Fund
USGCRP	United States Global Change Research Programme
USLE/RUSLE	Universal Soil Loss Equation/Revised Universal Soil Loss Equation
WATEM/SEDEM	Räumliches Bodenerosionverteilungs-/Sedimenttransportmodell
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WCRP	World Climate Research Programme
WSSD	World Summit on Sustainable Development
ZDB	Zitationsdatenbank

1 Bodenerosion - ein globales Thema

Einfluss des Globalen Wandels?

„Ökologische Probleme der Menschheit erreichen überwiegend nur dann das Bewusstsein der Bevölkerung, wenn sie spektakulärer Art sind und entsprechend „vermarktet“ werden können. Die Bodenzerstörung als großflächiges, heute globales, geomorphologisches und landschaftsökologisches Problem ist ein weitgehend unspektakulärer Prozess und darin liegt seine Gefahr“ (HEINE 1994).

Bodenerosion ist eines der signifikantesten Umweltprobleme weltweit und stellt infolgedessen eine enorme Herausforderung für das 21. Jahrhundert dar. Boden wird in einem beispiellosen Ausmaß, sowohl in Rate und geographischer Ausdehnung, nachhaltig degradiert (VALENTIN 1998). In den 1990er Jahren war die Dimension der Landdegradation bereits alarmierend, denn 30-50 % der gesamten Erdoberfläche waren betroffen. Mit der *UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED)* in Rio de Janeiro 1992 und spätestens bei der *„World Summit on Sustainable Development“* (WSSD) 2002 in Johannesburg wurde bei der Erläuterung des Terminus *„Global Environmental Change“* (GEC) folgendes essentielles festgehalten: „Bodenerosion, Wasserverfügbarkeit und Desertifikation wurden erstmals neben dem Klimawandel als Gefahrenquellen des globalen Umweltwandels eingestuft und so in die Agenda der UNEP aufgenommen worden (BRAUCH 2009).

Der aktuelle EU-Bericht der European Environment Agency zum Thema *„Status des Boden in der EU 2012“* (JONES et al. 2010) hält wage fest, dass der Klimawandel die Anfälligkeit der Böden gegenüber Erosionsprozessen verschärfen wird. Der Konjunktiv dieser Aussage zeigt die Vielzahl an Unsicherheiten und es entsteht der Eindruck, dass einzig die Aspekte des Klimawandels maßgeblich Bodenerosion begünstigt. Wo steht der Globale Wandel? Bodenerosion ist ein globales Phänomen, diesen Umstand belegen Zahlen, die sich allein auf den europäischen Raum beziehen. Das Thema hat höchste Brisanz! Allein in der EU entstehen jährlich Schäden in der Höhe von 0,7 bis 14 Mrd. Euro durch Erosion (JONES et al. 2010). Der Druck des global gestiegenen Nahrungsmittelbedarfes der letzten Jahrzehnte führte in der Landwirtschaft zu intensiver Nutzung und nicht adäquaten Kultivierungsmaßnahmen der Böden. Dieser weltweite Raubbau an der Ressource Boden führt unweigerlich zu vielfältigen und meist nachhaltigen Degradationserscheinungen (PIMENTEL 1993).

Bereits in den 1990er Jahren meinten Turner II. und Meyer (1994), ebenso wie die Verfasser des „Millennium Ecosystem Assessment Report“ (MEA 2005) zur Bodenerosionsproblematik, dass anthropogene Aktivitäten und Einflüsse über Jahrhunderte maßgeblich Auswirkungen auf Böden weltweit hatte.

Die anthropogenen Veränderungen des gesamten globalen Systems betreffen nicht nur gesellschaftliche Prozesse, sie greifen wie bereits angesprochen, in grundlegende physikalische und biogeochemische Vorgänge ein, deren nachhaltige Abänderungen sämtliche Kreisläufe der physischen und humanen Umwelten beeinflussen (NKGCF 2005).

Der Forschungsreport des Nationalen Komitee für Global Change Forschung in Bonn beschreibt die Rolle des Menschen im „Globalen Wandel“-Kontext folgendermaßen:

Er ist „gleichzeitig Verursacher, Betroffener und Gestalter“

Zahlen belegen diesen Umstand: Jedes Jahr gehen weltweit 75 Mrd. Tonnen an wertvollen, fruchtbaren Boden unwiederbringlich verloren (PIMENTEL et al. 1995). Des Weiteren sprechen Pimentel et al. (1995) davon, dass jährlich 12 Mio. ha an landwirtschaftlicher Nutzfläche durch Erosionsprozesse Wasser und Wind wertmindernd degradieren. Die Hauptauslöser der Erosion sind laut Crozier (2008) das jeweils vorherrschende Klima und anthropogene Eingriffe wie das lokale Umweltsystem. Meyer und Turner, Toy et al. (MEYER und TURNER II 1995, TOY et al. 2002) formulieren in diesem Kontext, dass anthropogene Veränderungen in enger Koppelung mit klimatischen Ursachen und die Folgen stehen (JOHNSON und LEWIS 1995). Das globale Umweltsystem unterliegt nicht ausschließlich dem Klimawandels und dessen Rückkopplungsmechanismen, sondern vielmehr maßgeblichen Mechanismen des Globalen Wandels wie beispielsweise dem massiven Anstieg der Weltbevölkerung. Allein in den letzten 50 Jahren stieg von Anzahl der Menschen von 2,5 Mrd. auf 7 Mrd., Stand: Oktober 2011 an (CROSSETTE 2011, UNPFA 2011). Dieser signifikante Anstieg führt zu einem erhöhten Bedarf an Landressourcen und Nahrungsmittel, wie bereits anfangs erwähnt. In diesem Kontext prognostizierte die FAO 2010, dass allein für Afrika südlich der Sahara mehr als 300 Mio. Menschen nicht genügend Nahrungsmittel zur Verfügung stehen (SOLAW 2011).

Wie bereits angesprochen, transformiert und modifiziert der Globale Wandel massiv das gesamte Erdsystem (NKGCF 2005). Für die weltweite Gesellschaft bedeutet dieser Umstand eine enorme Herausforderung, da die vom Mensch indizierten Prozesse zu nachhaltigen globalen Veränderungen führen.

Tempo und Ausmaß des anthropogen bedingten Wandels überbieten mittlerweile die natürlichen Veränderungsprozesse signifikant (GGW 2012). Ebenso beeinflussen der steigende sozioökonomische Druck mit seinen wechselseitigen Verflechtungen zwischen Mensch und Natur den Prozess der Bodenerosion auf lokaler, regionaler und globaler Ebene (TOY et al. 2002).

Boden ist laut Goudie (2000) eine der dünnsten, äußerst vulnerablen Ressource, umso mehr steigt die Wertigkeit des Boden als Lebensraum für Mensch und Umwelt (KLOSE 2009). Die Problematik der Degradation der Böden hat einen nachhaltigen Einfluss auf die globale Umwelt. Ab dem Moment, wo Boden verloren geht, dauert die natürliche Bodenbildung zu lange, um die Verluste entsprechend auszugleichen.

Bereits in den 1980er Jahren schrieb Lal (1988), dass die Degradation der Böden, durch die vom Menschen beschleunigte Bodenerosion, eine ernstzunehmende schleichende Naturgefahren werden wird. Oldeman et al. (1991) bezifferten in der Studie des **„Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD)“** das globale Degradationsausmaß mit 2000 Mio. ha, das 17 % entspricht der eisfreien Landoberfläche. Schon in den 1980er Jahren brachte Hudson das Problem der vorschreitenden Degradierungsprozesse prägnant auf den Punkt:

„We are certainly not winning.

I am not sure whether we are losing or playing defensively for a draw, but all is not well“

(Norman Hudson, former soil scientist) (TOY et al. 2002)

Die Auseinandersetzung mit dem Umweltproblem Bodenerosion verlangt eine Bearbeitung sowohl auf einer Betrachtungs- als auch auf einer Forschungsebene (TOY et al. 2002). Für den Lösungsansatz des globalen Problems bedeutet dies folgendes:

„Think globally, act locally“.

Der globale Gedanke entsteht aus dem allgemeinen Problem der Bodenerosion und dessen nachhaltigen Auswirkungen auf die globale Gemeinschaft. Lokal handeln bedeutet den effektiven Erosionsprozess, im Fokus zu haben, welcher kleinräumig an einem Hang, Feld oder Strömungskanal abläuft (TOY et al. 2002). Dem Menschen fällt eine Steuerfunktion zu, denn er muss auf Bevölkerungswachstum und ökonomische Herausforderungen beispielsweise mit Änderungen in der Landnutzung reagieren. So müssen neue Landschaftsräume herangezogen werden, deren Böden andere ökologische wie wirtschaftliche Funktionen übernehmen als zuvor, die respektive anfällig reagieren können. Das Resultat dieser Änderung sind irreversibel degradierte Böden, deren Nutzungspotential schneller erschöpft wird (RICHTER 1998, SCHMIDT 2000).

Ziel der Arbeit ist es einen Überblick zum aktuellen publizierten Forschungsstand der Bodenerosion und der möglichen Einflussnahme des Globalen Wandels zugeben. Das Instrument ist eine stufenweise angelegte Literaturrecherche. Die exakte Vorgehensweise, wie die Präsentation der einzelnen Analyseschritte soll neben der inhaltlichen Auseinandersetzung mit der Thematik bearbeitet werden. Mit Hilfe der anschließend präsentierten Leitfragen der Arbeit sollen die in der Recherche eruierten Arbeiten herangezogen werden, um folgenden Sachverhalte bearbeiten zu können: Wie und in welcher Weise binden Studien zur Bodenerosionsproblematik den Globalen Wandel in ihrer Fragestellungen mit ein. Mögliche Verursacher und deren Auswirkungen auf die Bodenerosion sollen ebenso thematisiert werden. Die Darstellung der „hotspots“ Gebiete, der anthropogen verstärkten Prozesse der Wassererosion soll als Beispiel das globale Ausmaß der Bodenerosion verdeutlichen. Dieser Aspekt determiniert gleichzeitig die weltweite Gefährdungsproblematik und Brisanz des Themas. Kurzcharakteristika der ermittelten Fachartikel sollen den jeweiligen Forschungszugang hervorheben. Neben der thematischen Ergebnispräsentation soll die Literaturrecherche zur Publikationsfindung im Detail besprochen werden. Folgerungen, Lücken zur gesamten Arbeit werden im Diskussionsteil kritisch interpretiert.

Ein Bericht zum Einfluss des Globalen Wandels des International Hydrological Programme weist unterstreicht die Wichtigkeit des weltweiten Probleme. Hier spricht Walling (2009) von einer negativen Verschärfung des eigentlich natürlich ablaufenden Prozess der Bodenerosion. Der Einfluss des Globalen Wandels und dessen vielfältigen Mechanismen ist unumstritten. Walling (2009) geht folglich davon aus, dass dementsprechend sich die Vulnerabilität der Böden nicht nur gegenüber klimatischen Extremereignissen erhöht, ebenso trägt das menschliche Handeln massiv dazu bei.

Die der Arbeit zugrunde liegenden **forschungsleitenden Fragen** sollen die Komplexität des Themas strukturell gliedern und abgrenzen. Sie dienen zusätzlich zur Einhaltung der zuvor besprochenen Ziele. Zu diesem Zweck werden parallel drei Themenkreise herangezogen. Die einzelnen forschungsleitenden Fragen werden diesbezüglich auf die Themengebiete - „Globaler Wandel und Bodenerosion“ - „Maßstabsfrage Bodenerosion“ - „Globaler Wandel und Landnutzungsänderung“ zusammengefasst, um die Rahmenbedingungen für die Arbeit zu schaffen.

Folgende forschungsleitende Fragen werden in der Arbeit nach den Themengebieten analysiert und überprüft:

1. *Globaler Wandel und Bodenerosion*

Behandeln die ermittelten Forschungsarbeiten das Thema Bodenerosion im Kontext des Globalen Wandels?

Hat der Globale Wandel Einfluss beziehungsweise Auswirkungen auf die Bodenerosion?

2. *Maßstabsfrage Bodenerosion*

Wird die Problematik der Bodenerosion auf globaler (Maßstabs)-Ebene unterschätzt?

3. *Bodenerosion und Landnutzungsänderung*

Können Änderungen in der Landnutzung als Hauptverursacher von Bodenerosion angesehen werden?

Die formulierten Fragen sollen bei der Bearbeitung helfen, die vorliegende Diplomarbeit thematisch einzugrenzen, da es nicht möglich ist, alle Aspekte der „**Bodenerosion**“ und des „**Globalen Wandels**“ zu betrachten. Die oberste Prämisse der Selektion liegt in der Aktualität der jeweiligen Fachpublikationen. Mit diesem Anspruch soll der neueste Forschungsstand ermittelt und dargestellt werden. Dementsprechend werden während der Analyse Neuerscheinungen laufend hinzugefügt. Trotzdem können infolge des ständigen Informationsflusses nicht alle Publikationen erfasst werden. Bei der Suche nach der entsprechenden Literatur werden ausschließlich deutsche und englische Arbeiten ausgewählt. Andere wissenschaftliche Artikel anderen Sprachen werden hier nicht berücksichtigt.

Die **Struktur der Arbeit** wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

Im *ersten Kapitel* soll ein Einstieg in die Komplexität des Themas gegeben werden. Der Globale Wandel und die ihn beeinflussenden bzw. mitwirkenden Faktoren werden hier kurz angesprochen. Bodenerosion ist ein ernstzunehmendes und aktuelles Umweltproblem. Aus diesem Grund soll hier die Problematik anhand einiger „*hardfacts*“ unterstrichen werden. Die weitere kritische Auseinandersetzung zur Fragestellung, inwieweit der Globale Wandel auf die Bodenerosion Einfluss ausübt, findet im Kapitel 5, dem Diskussionsteil der Arbeit statt. Des Weiteren werden in Kapitel 1 die generellen Zielsetzungen der Arbeit vorgestellt und die daraus resultierenden forschungsleitenden Fragen formuliert.

Das *Kapitel 2* beschäftigt sich mit dem theoretischen Hintergrund. Der wesentliche, zentrale Begriff „Globaler Wandel – Global Change“ soll in einem ersten Schritt diskutiert werden. Die unterschiedliche Verwendung und die Abgrenzung des Terminus „Globaler Wandel“ werden bearbeitet. Handelt es sich um einen Überbegriff oder steht der „Globale Wandel“ hierarchisch auf derselben Ebene mit dem Begriff des Klimawandels (engl. „Climate Change“) oder Globalen Umweltwandel (engl. „Global Environmental Change“)? Der zweite Schritt befasst sich mit den Erläuterungen der Terminologien der unterschiedlichen Prozessarten der Bodenerosion. Anfangs werden die wesentlichen Bodendegradationsarten vorgestellt und in einem weiteren Schritt die wichtigsten Eckdaten zur Wassererosion erarbeitet. Die Maßstabsfrage ist ein wesentlicher Aspekt der Arbeit, denn sowohl die räumliche, als auch die zeitliche Dimension beeinflussen die Interpretation von Bodenerosion und deren Zusammenspiel im Kontext des Globalen Wandels wesentlich.

Die Vorgehensweise der Literaturrecherche wird im *Kapitel 3* detailliert beschrieben, die als methodische Basis der vorliegenden Arbeit dient. Mit Hilfe eines Ablaufdiagramms kann die Herangehensweise der Literatursuche transparent dargestellt werden, um die dahinterstehende Methode nachvollziehbar zu machen. Fragen, nach Zeitschriften und Datenbanken oder Suchbegriffskombinationen, um die relevanten Forschungsarbeiten zu erhalten, werden dargestellt und dokumentiert.

Im Ergebnisteil (*Kapitel 4*) werden die forschungsrelevanten Publikationen präsentiert, die in der vorangegangenen Literaturrecherche ermittelt wurden. Diese spiegeln den aktuellen Forschungsstand zum Thema „Bodenerosion und der Globale Wandel“ wieder. Die Ergebnispräsentation erfolgt in zwei Schritten. Der Erste beschäftigt sich mit der Dokumentation der Suchresultate der vordefinierten Suchbegriffskombinationen bzw. der relevanten Fachmagazine. Das schrittweisen Auswahlverfahrens der Forschungsarbeiten wird in diesem Zusammenhang ebenfalls dargestellt, die Nachvollziehbarkeit der Recherche garantiert. Der zweite Schritt beschäftigt sich ausschließlich mit der Präsentation der relevanten Forschungsarbeiten, der im Schritt 1 ermittelten Publikationen. Um eine transparente Präsentation der Analyseergebnisse zu erhalten, splitten sich die Forschungsarbeiten auf Themengebiete, „Globaler Wandel und Bodenerosion“ und „Globale Bodenerosionsforschung“ auf. Im ersten Themenkreis werden alle Publikationen dargestellt, die mit den Mechanismen des Globalen Wandel und dessen begleitenden Phänomenen und dessen mögliche Auswirkungen auf den Prozess der Bodenerosion haben. Der zweite Themenbereich beschäftigt sich mit dem globalen Ausmaß der Bodenerosion.

Im *Kapitel 5* erfolgt eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse, die in diesem Abschnitt kritisch betrachtet und analysiert werden. Die wesentlichen zentralen Aussagen des Ergebnisteiles sollen dargestellt und diskutiert werden. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Beantwortung der eingangs formulierten forschungsleitenden Fragen, um diese zu verifizieren bzw. falsifizieren. Darüber hinaus sollen allgemeine Probleme, wie zum Beispiel, die der vorangegangenen Literaturrecherche vorgestellt und diskutiert werden. Ebenso werden eventuelle Mankos aufgezeigt.

Im *Kapitel 6*, dem Perspektiventeil, werden die Kernaussagen des Ergebnis- und Diskussionsabschnitts für allgemeine Überlegungen zu weiterführenden Forschungsansätzen herangezogen.

2 Theorie

Im folgenden Kapitel sollen theoretische Details der zentralen Begriffe thematisiert werden. Anfangs werden einzelne Definitionen wie „Globaler Wandel“, „Globaler Umweltwandel“ und „Klimawandel“ erläutert und ebenso soll herausgearbeitet werden, wie unterschiedlich deren Anwendung und Interpretation in der Forschung sind. Dies impliziert eine breite Betrachtungsweise, da die Phänomene eng miteinander verknüpft sind. Das globale Problem der Bodendegradation, das Ausmaß und die unterschiedlichen Formen werden in diesem Kapitel kurz thematisiert. Der Fokus der Arbeit liegt auf dem Prozess der Bodenerosion durch Wasser. Hierfür ist es notwendig, einige der maßgeblichen Einflussfaktoren einerseits, sowie auch die räumliche und zeitliche Variabilität des Bodenerosionsprozess andererseits darzustellen. Die Maßstabsfrage ist ein wesentlicher Aspekt der Arbeit, die Vernetzung des Globalen Wandels mit dem Erosionsprozess und die Auswirkungen auf globaler, regionaler und lokaler und zeitlicher Ebene zeigen die Komplexität des Themas.

2.1 Globaler Wandel – Globale Umweltveränderung –Klimawandel

Im Globalen Wandel und dessen Auswirkungen liegt die wichtigste gegenwärtige und zukünftige Herausforderung für die Menschheit. Die Interaktion zwischen natürlichen Umweltwandel und der Gesellschaft erstreckt sich aber bereits über mehrere tausende Jahre und ist daher kein neues Phänomen (STEFFEN et al. 2004, GLP 2005).

Globaler Wandel, Globale Umweltveränderung und Klimawandel haben eines gemeinsam, sie verändern die soziale, biophysikalische und ökologische Umwelt nachhaltig. Sie sind durch wechselseitigen globale Verflechtungen gekennzeichnet und stehen in einem engen Wirkungszusammenhang miteinander (GGW 2012). In wissenschaftlichen Diskursen weichen die Interpretationen hinsichtlich der Definition des übergeordneten Begriffs des „Globalen Wandels“ stark ab. Hier stecken die Schwierigkeiten der eindeutigen Abgrenzung der zentralen Begrifflichkeiten (LEICHENKO und O`BRIEN 2008).

Der Umstand lässt sich anhand unterschiedlichen Betrachtungsweisen und der jeweiligen Wissenszugänge erklären. Beispielsweise betrachten Naturwissenschaftler die anthropogene Dimension des kumulativen Umweltwandels aus dem „geozentrischen“ Blickwinkel heraus.

Die Bedeutung eines physikalischen Wandels und deren Auswirkungen auf die jeweilige Gesellschaft verlangt aber viel mehr einen „anthropozentrischen“ Zugang (TURNER II et al. 1990). Dementsprechend ergeben sich aus dem jeweiligen Betrachtungsmaßstab unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten. Turner II et al. (1990) schlussfolgern, dass eine holistische Perspektive, die beide Zugänge gleichermaßen berücksichtigt, optimal für Studien zum Globalen Wandel wäre.

Turner II et al. (1990) greifen bei Begriffsunsicherheiten einem wesentlichen Term für weitere Betrachtung des globalen Umweltwandel heraus. Dem Wort „Umwelt“ kommen verschiedene Bedeutungen zugewiesen und folglich ergeben sich Unterschiede in der Anwendung des Begriffs. Die Sozial- und Geisteswissenschaften verstehen damit eher die „soziale Umwelt“ oder das „soziale Umfeld“ und ebenso die generellen „Lebensumstände“. In den Naturwissenschaften bezieht sich der Begriff „Umwelt“ ausschließlich auf die physikalische Bedingungen der Erde, deren Komponenten und Systeme der Bio- Geosphäre, wie Boden, Vegetation und Klima (TURNER II et al. 1990).

In diesem Zusammenhang ist die erste „Global Change Open Science Conference“ 2001 zu erwähnen, wo die „Amsterdam Declaration on Global Change“ von über 100 Ländern unterzeichnet wurde. Das Ziel der Erklärung war ein neues System für globale Umweltwissenschaften zu implementieren. Der Grund für die Implementierung der Deklaration lag darin, die vier bereits bestehenden internationalen globalen Forschungsprogramme für globalen Umweltwandel, DIVERSITAS, IGBP, IHDP und WCRP in einer neuen übergeordneten Gesellschaft (ESSP) zusammenzuführen. Die „Earth System Science Partnership“ dient als Plattform, um Forscher/Innen diverser Wissensgebieten zu bündeln, um Synergien und Interdisziplinarität im komplexen Ansatz der „Globale Change“-Forschung zu erreichen.

2.1.1 Globaler Wandel - Globaler Umweltwandel

Keppler und Schmalzbauer (2011) definieren beispielsweise den Globalen Wandel folgendermaßen: Alle Effekte, die durch den Menschen verursachte Störungen auf der Erde auslösen, werden in dem Begriff zusammengefasst. Die Komplexität des Globalen Wandels liegt in den vielfältigen Verknüpfungen und Rückkopplungseffekten zwischen natürlichen und anthropogenen Prozessen (KEPPLER und SCHMALZBAUER 2011). Diese wirken sich höchst differenziert auf das jeweilige Ökosystem aus (FEULNER 2001).

Schröter et al. (2005) sehen in den sozioökonomischen Faktoren, den atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen, den Klimafaktoren und der Landnutzung die Haupttreiber des Globalen Wandels. Der Trend zum Wandel wird generell durch die sozioökonomischen Faktoren gesteuert, wie beispielsweise durch wirtschaftliche Interessen, Ressourcennutzung, Energie, Transport oder Urbanisierung (2005). Sie wiederum beeinflussen die Mechanismen der Landnutzung und führen zu nachhaltigen Änderungen und ebenso lösen diese Rückkopplungsprozesse aus (VALENTIN 1998, IGBP 2011). Die Auswirkungen des zunehmende Bevölkerungsdruck und der damit verbundenen globalen Umweltänderung belasten die Erde massiv, wie etwa Veränderungen der atmosphärischen Zirkulation, des Wasserkreislaufs, der Meereszirkulation, des Klimas u.v.m. (IGBP 2011). Der Bodendegradationsprozess, der an sich natürlich biophysikalisch abläuft, wird maßgeblich von sozioökonomische wie politische Faktoren beeinflusst.

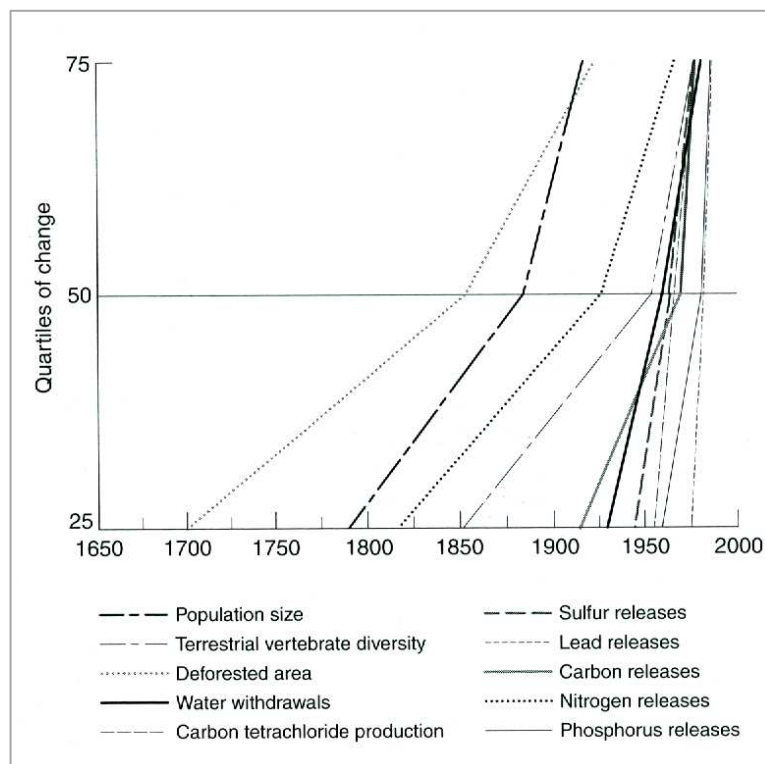


Abbildung 2 Trends von Mensch-induzierte Umwandlung von ökologischen Komponenten (Meyer 1995)

Abbildung 2 verdeutlicht den Umstand wie die unterschiedlichen ökologischen Komponenten an den massiven Bevölkerungsanstieg gekoppelt sind (MEYER und TURNER II 1995). Eine hohe Bevölkerungsdichte scheint trotzdem nicht mittelbar der Auslöser für Degradationserscheinungen zu sein, vielmehr wirken sich regionales oder nationales Ressourcenmanagement und die Entscheidungen in der jeweiligen Umweltpolitik negativ aus (TIFFEN et al. 1994, LAMBIN und GEIST 2006).

Roberts (1994) wiederum unterscheidet zwischen Globalem Wandel und globalen Umweltproblemen. Die Phänomene des Globalen Wandels ereignen sich grundsätzlich weltumspannend, daher werden diese hauptsächlich auf globalen (planetaren) Maßstab bearbeitet. Als globale Umweltprobleme bezeichnet er als großmaßstäbige regionale Phänomene, die für verschiedene geographische Zusammenhänge zutreffen (ROBERTS 1994). Die regionalen Effekte des Globalen Wandels können sehr unterschiedlich ausfallen (siehe Kapitel 2.1.2). Die Herausforderung liegt darin, die regionalen Konsequenzen zukünftiger Veränderungen beispielsweise des Klimas zu spezifizieren. Denn hier liegt die hauptsächliche Schwierigkeit, eine regionale Vorhersage zu etablieren, um möglichen Auswirkungen auf die jeweilige Gesellschaft zu ermitteln können (WARRICK und FARMER 1990). Infolge des enormen Anstiegs der globalen Störungsprozesse der letzten Dekaden und deren Auswirkungen auf regionaler und lokaler Ebene machen das immense Gefahrenpotential und die Vulnerabilität gegenüber der Bevölkerung spürbar (KEPPLER und SCHMALZBAUER 2011).

2.1.2 Systemischer und kumulativer Wandel

Jeglicher Umweltwandel kann zu einem Phänomen des globalen Wandel werden. Entweder beeinträchtigen Änderungen die globale Stoffkreisläufe oder kumulierten Prozesse des Umweltwandels werden auf globaler Ebene spürbar (MEYER und TURNER II 1994). Turner II et al. (1990) unterteilen den Globalen Umweltwandel in systemischen und kumulativen Wandel.

Der systemische Wandel beeinflusst direkt die Funktionen des Erdsystems. Als Beispiel wären hier global vernetzt ablaufende Phänomene wie der Meeresspiegelanstieg oder der Anstieg der Konzentrationen der Treibhausgasen zu nennen (SLAYMAKER et al. 2009). Im Gegensatz dazu laufen die Effekte des kumulativen Wandels lokal ab, die folglich globales Ausmaß annehmen können. Kumulieren lokale und regionale Phänomene tragen sie entscheidend zum globalen Umweltwandel bei (siehe Abbildung 2 (TURNER II et al. 1990, SLAYMAKER et al. 2009)).

Beispielsweise beeinflusst ein lokal bzw. regional ablaufender Bodenabtrag den globalen Bodenzustand nicht. Die geschätzten kumulierten Werte des globalen Bodenverlustes zeigen aber, dass ein Bodenabtrag zwischen 60000- 70000 km²/a ein signifikantes Produktivitätsproblem für die weltweite Landwirtschaft darstellt. Weitere Beispiele für kumulativen Wandel wären Wasserverunreinigungen, Landnutzungsänderungen, Entwaldung oder alle Formen der Bodendegradation (TURNER II et al. 1990).

Douglas (2006) hat festgestellt, dass die Problematik des Globalen Wandel besser wissenschaftlich aufgearbeitet ist, als die Signifikanz des lokal kumulativ ablaufenden Umweltwandels.

Steffen et al. (2004) beschreibt weiter und zitiert in diesem Zusammenhang Turner II et al. (1990), die in den 1990er Jahren folgendes zum kumulativen anthropogenen Umweltwandel argumentierten:

“Such changes have, so far, had a much greater impact on hydrology, atmosphere, soils, vegetation and renewable resources systems generally over the last 150 years than have systemic changes in atmospheric composition and climate (TURNER II et al. 1990).”

Abbildung 2 zeigt die regionalen Wege anthropogener Einflussnahmen von der Ursachenquelle hin zum globalen Umweltwandel, die in der drei Kategorien eingeteilt werden: (1) intraregional, (2) inter- und transregional oder (3) regional – global (TURNER II et al. 1990).

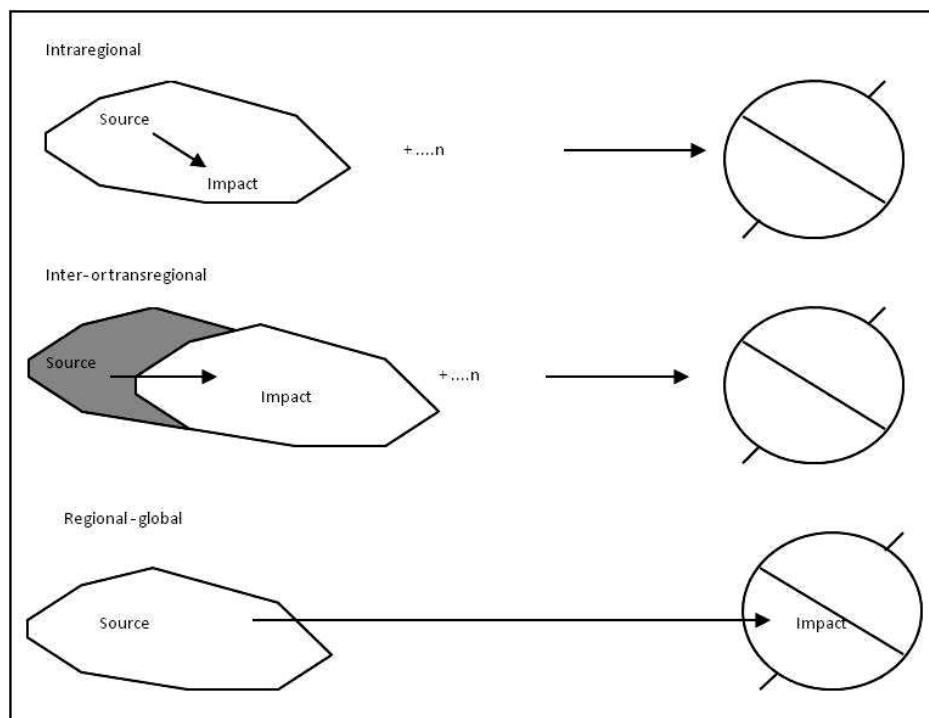


Abbildung 3 Regionale Wege zum globalen Umweltwandel: Systemischer und Kumulativer Wandel (Turner II et al 1990)

- (1) Intraregionaler Wandel beruht auf einem additiven Prozess, dessen geringe Magnitude einzelne Bereiche der regionalen Umwelt verändern können, wie z.B. der Verlust von Biomasse oder Grundwasserabbau. Führt dann zum globalen Umweltwandel, wenn beispielsweise wichtige globale Ressourcen, wie Wasser regional beeinflusst werden (TURNER II et al. 1990).
- (2) Inter- oder transregionaler Wandel, tritt in einer oder mehreren Regionen auf, dessen Auswirkungen sind in anderen Regionen spürbar wie der saure Regen. Die Pfade des interregionalen Wandels verhalten sich ähnlich wie der Intraregionale, denn durch Kumulierung erlangt der Wandel globalen Level.
- (3) Regionaler oder Globaler Wandel enthält die Handlungen von ein oder mehreren Regionen, die direkt zum systemischen Globalen Wandel beitragen. Die Folge von Trockenlegungen von Feuchtgebieten führt zu erhöhtem Ausstoß von Methan (CH_4). Dieser Pfad ist konstant, es passieren hier alle biogeochemischen Prozesse zwischen der Bio- und Geosphäre (TURNER II et al. 1990).

In diesem Zusammenhang beschreibt (BEESE 2003), dass es zukünftig zu einem komplexen „Interplay“ von systemischen und kumulativen Wandel kommen wird. Dies passiert auf verschiedenen Pfaden mit multiplen Modi der natürlichen Variabilität.

2.1.3 Klimawandel

1988 wurde das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) implementiert, um einen wissenschaftlichen aktuellen Überblick zum Phänomen Klimawandel zu erlangen, die Klimarahmenkonvention umzusetzen, deren Aufgaben in der Risikobewertungen zur globalen Erwärmung und gleichzeitigen Ausarbeitung von Vermeidungs- und Anpassungsstrategien liegen. In den jährlichen Bewertungsberichten (engl. Assessment Report) werden aktuellen Informationen zu Klima, Klimaänderungen und Klimaszenarios zusammengetragen (IPCC 2012). Beispielweise beschäftigt sich die Arbeitsgruppe II des IPCC mit der Vulnerabilität von sozioökonomischen und natürlichen Systemen gegenüber dem Klimawandel, die für die vorliegende Arbeit interessant sind. Am Beispiel der Bodenerosion (Abbildung 4) werden die einflussnehmenden Faktoren deutlich, einerseits wie sie untereinander agieren und andererseits durch welche Phänomene des Globalen Wandels werden die einzelnen Komponenten nachhaltig verändert (VALENTIN 1996, IPCC 2012). Sowohl der Wandel des Klimas als die der Landnutzung nehmen Einfluss auf den Boden und seine Eigenschaften. Die globale Erwärmung, die aus der verstärkten Emission von Treibhausgase resultiert, wird hauptsächlich durch Veränderungen in der Landnutzung begünstigt.

Adger und Brown (1994) stellten fest, dass aufgrund des Klimawandels beispielsweise die Stoffflüsse weitaus größer sind als die des normalen Wachstums und der Regeneration. Alle drei Komponenten (Klima, Boden, Landnutzung) wirken sich maßgeblich auf die Bodenerosion und deren Abtragraten aus (VALENTIN 1996).

In der EU-Studie PESERA, die zur Einschätzung von Bodenerosion im „Paneuropäischen“ Raum implementiert wurde, wurde die Wirkung des Klimawandels und der Landnutzungsänderung nur vage beschrieben (KIRKBY et al. 2004). Sie gehen davon aus, dass Veränderungen, wie intensive Kultivierung von Landflächen zur Verstärkung von Bodenerosion führen könnte. Weiters geht man davon aus, dass durch den Klimawandel Phänomene verstärkt, wie beispielsweise eine Erhöhung der Niederschlagsintensitäten, vermehrte Dürren oder Windstürme, die der Bodenoberfläche stark zusetzen (KIRKBY et al. 2004).

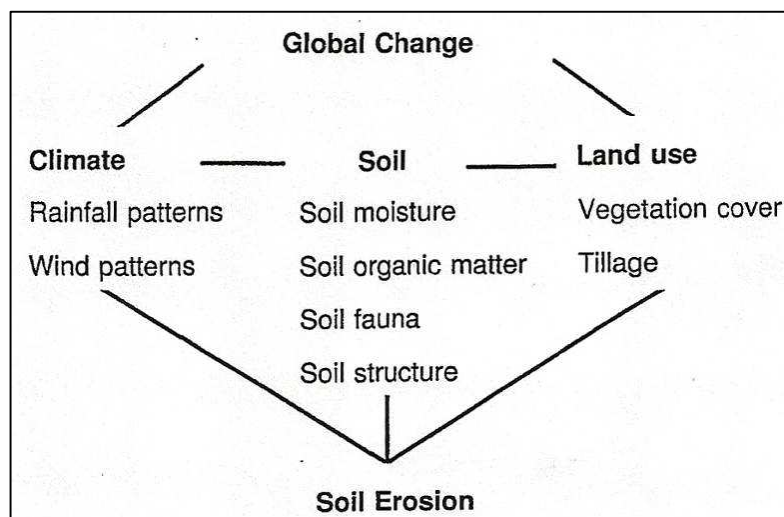


Abbildung 4 Beeinflussende Faktoren der Bodenerosion und deren Wirkungszusammenhänge (Valentin 1996)

Die Tabelle 1 zeigt mögliche Klimafolgen für die Ressource Boden anhand zweier Phänomene: Starkregenereignisse und der Anstieg der Niederschlagshäufigkeit (IPCC 2007). Jones (2010) beschreibt in diesem Zusammenhang, dass der Klimawandel die Bodenerosionsprozesse sehr wahrscheinlich beeinflusst. Durch die beiden Phänomene werden mögliche Hauptauswirkungen auf relevanten Sektoren, wie beispielsweise Landwirtschaft, die Ressource Wasser oder die Gesellschaft dargestellt.

**Tabelle 1 Beispiele für mögliche Auswirkungen des Klimawandel durch Extremereignisse
(Untersuchungszeitraum Mitte 20.Jhd (IPCC 2007))**

Phänomen/Trend	Hauptauswirkungen nach Sektor			
	Land-/Forstwirtschaft/ Umwelt	Wasserressourcen	Gesundheit	Industrie, Siedlung, Gesellschaft
Starkregenereignisse	Getreideschäden; Bodenerosion; Staunässe ;	Verminderte Qualität von Oberflächen/Grundwasser; Kontamination;	Erhöhtes Verletzungsrisiko;	Störungen infolge Überflutung: urbaner Gebiete,
Anstieg Frequenz	Ackerflächen nicht nutzbar;	Eutrophierung;	Infektionen, Tod;	Druck auf urbanen und ruralen Infrastrukturen

Adger und Brown (1994) beschreiben, dass die durch den Menschen entstandenen „öffentlichen“ Folgen als kumulativ (vgl. Tabelle 1). Die damit verbundene Unsicherheit und die gesellschaftlichen Risiken zeigen sich in Auswirkungen in der landwirtschaftlichen Produktion oder Veränderungen bei der Nutzung von Energie. Aber gleichzeitig halten sie fest, dass die physischen Auswirkungen des Klimawandels die Landwirtschaft zwar beeinflussen, aber sie bestimmen nicht den wirtschaftlichen Wohlstands (ADGER und BROWN 1994).

2.1.4 Landnutzungsänderung

Melillo et al. (2003) beschreiben im IPCC-Report 2001 die Problematik der Landnutzung. Technologie, Intensivierung und Vielfalt der Landnutzung führt zu raschen generellen Wandel des biogeochemisches Kreislaufs, der hydrologischen Prozesse und der Landschaftsdynamik (MELILLO et al. 2003). Eine entscheidende Rolle spielt die Änderung der Landnutzung im Phänomen des Globalen Wandels. Sowohl die Landnutzungsänderung als der globale Umweltwandel sind an sich natürliche Phänomene, die über Jahrhunderte bereits andauern. In den letzten maximal 50 Jahren hat sich der Trend intensivste Nutzung und Landnutzungs-änderung massiv verschärft. Favis-Mortlock und Guerra (1999) verstehen dies als Antwort auf den zunehmenden Bevölkerungsdruck.

Die Landnutzungsänderung beeinflusst sowohl den systemischen wie kumulativen Wandel gleichermaßen. Den systemischen insofern, dass es beispielsweise durch einen Eingriff, wie der Trockenlegung von Sumpfgebieten, zu einer Erhöhung von Spurengasen in der Atmosphäre kommt.

Auf den kumulativen Umweltwandel wirken sich Änderungen in der Landnutzung primär aus, so verstärken sich Bodendegradationsprozesse oder generelle hydrologische Verhältnisse ändern sich nachhaltig (TURNER II et al. 1990, MEYER und TURNER II 1992, KIRKBY et al. 2004). Allein in den letzten 30 Jahren wurde mehr Landfläche in Ackerland umgewandelt als in einem 150jährigem Zeitraum zwischen 1700 und 1850 (SLAYMAKER et al. 2009). Dieser kontinuierliche Veränderungsprozess führt zu Herausforderungen in der zukünftigen Gewährleistung grundlegenden Bedürfnissen der Menschen. Elementare Probleme, wie die Sicherstellung von Nahrungsmitteln oder der allgemeinen Gesundheit treten auf (siehe Tabelle 1 (TURNER, 1989; BUREL et al., 1993; FU et al., 1994 In: (DUNJÓ et al. 2003). Landnutzungsänderung ist gleichzusetzen mit einer Manifestation von menschlicher Interaktion mit der Biosphäre. Wie eingangs kurz angesprochen sind heutzutage Rate und Maßstab der Änderungen in der Landnutzung größer denn je. Als maßgebliche Auslöser sind der rasanter Technologiewandel und das stetige Bevölkerungswachstum wiederholt zu nennen, eben Phänomen des Globaler Wandels (vgl. Kapitel 2.1.2 (ADGER und BROWN 1994)).

Infolge der zunehmenden Verstädterung und grenzüberschreitende Migration insbesondere von Umweltflüchtlingen kommt es zur massiven Belastung der Umwelt durch den Menschen. Die Konsequenzen von Landnutzungsänderung und Klimawandel liegen in weltweiter Verschlechterung der Wasser- und Bodenqualität, dem Verlust der Biodiversität und erhöhten Abfluss- und Sedimentationsraten (TURNER, 1989; BUREL et al., 1993; FU et al., 1994 In: (DUNJÓ et al. 2003). Bezogen auf die Änderung der Landnutzung sind Auswirkungen wie Bodenverlust, Degradation und vermehrten Ausstoß an Treibhausgasen, eine Resultat des Vegetationsverlusts (MEYER und TURNER II 1992, NKGCF 2005). Dieser ökologische Wandel wirkt sich in unterschiedlicher Weise auf den Menschen aus (siehe Tabelle 1). Demnach liegen im stetig steigenden Bevölkerungsdruck und dem damit verbundenen Flächenbedarf die Hauptinitiatoren für oft Landnutzungsänderungen (IGBP 2011). Für die Landnutzung bedeutet dieser Umstand zweierlei. Einerseits führen sozioökonomische Überlegungen beispielsweise zu einer Umstellung auf andere effizientere agrarische Nutzungsformen zur Sicherstellung der Nahrungsgrundlagen wie Energieversorgung. Eine weitere Absicht ergibt aus der zunehmende Urbanisierungstendenzen und die daraus sich ergebenden begleitenden Maßnahmen (TURNER II und MEYER 1994, WBGU 1994).

Ein Statement im Newsletter der International Geosphere and Biosphere Programme (Nr.47 IGBP) von Petschel-Held (1999) fasst die gesamte Tragweite des anthropogenen Eingriffs auf die Umwelt prägnant zusammen:

“ Human induced changes in the Earth System are starting to enclose all scales, from the global to the local, yet the local actor plays a key role, both in terms of proximate causes and consequences.”

Zusammenfassend zeigt Abbildung 4 einerseits die Wechselwirkungen einzelner anthropogener Systemkomponenten wie andererseits die Interaktionen im terrestrischen System, die im Zusammenhang mit Bodenerosion stehen. Wie auch Petschel-Held (1999) betont, ist es hierbei wichtig, die jeweiligen Teilkomponenten und deren Abhängigkeiten zueinander genau zu kennen, um das Gesamtsystem verstehen zu können. Dieses Grundverständnis ist essentiell um beispielsweise die zentralen Probleme der Globalen Erwärmung oder der Bodendegradation zu erkennen.

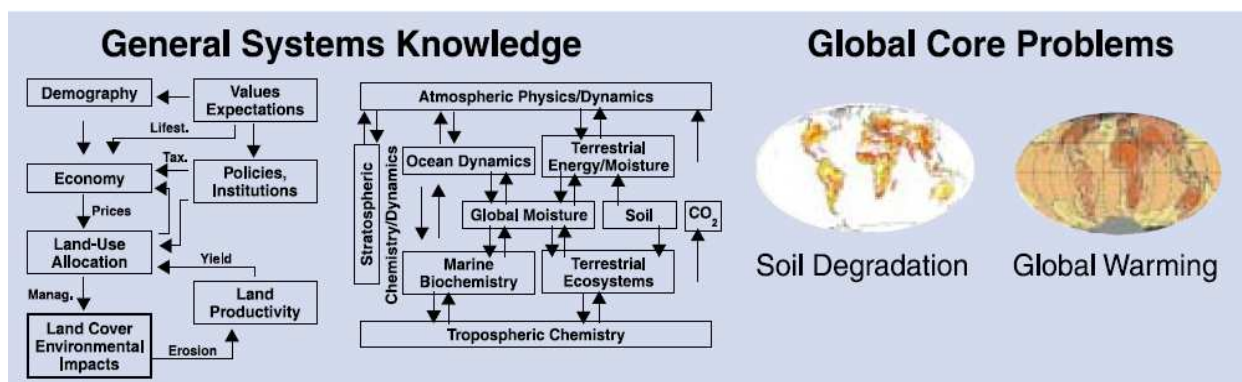


Abbildung 5 Prozessverhältnis: Akteure - Interaktion (Veränderter Ausschnitt (Petschel-Held 1999))

Um eine Vorstellung über das Überblick zum generelle Ausmaß der Bodendegradation zu bekommen, und deren unterschiedlichen Auswirkungen wurde dieser Abschnitt in den thematischen Hintergrund mit einbezogen.

2.2 Bodendegradation

Laut einer Studie des „International Soil Reference and Information Centre (ISRIC)“ (OLDEMAN et al. 1991) waren weltweit bereits in den 1990er Jahren ca. 2000 Mio. ha von Bodendegradation betroffen. Lal (2003) sieht in der Bodendegradation ein ernstzunehmendes Problem und eine große Herausforderungen für das 21. Jahrhundert. Im FAO-Bericht zur GLASOD-Studie (OLDEMAN 1994) werden fünf Verursacher für die vom Menschen ausgelöste Bodendegradation genannt:

- Entwaldung oder Entfernung der natürlichen Vegetation
- Überweidung
- Agrarische Aktivitäten
- Übernutzung der Vegetation für Hausgebrauch, z. B. Brennholzgewinnung
- Industrielle Aktivitäten und Verstädterung

Die durch den anthropogenen Eingriff verursachten Verluste sind oft dauerhaft und irreversibel, da sie Bodenstruktur als auch Bodenfunktionen nachhaltig verändern. Bodendegradation belastet die Böden massiv, sie werden durch physikalische, chemische und biologische Prozesse beeinträchtigt. Speziell in ariden und semiariden Gebieten verstärken sich die Prozesse der Degradation, die in weiterer Folge unweigerlich zur Desertifikation ganzer Landstriche führen können (BEESE 2003, LAL 2003).

Bodendegradation wird in vier Typen eingeteilt:

- Wassererosion
- Winderosion
- Physikalische Degradation
- Chemische Degradation

Bei Wasser- und Winderosion findet eine Verlagerung von Bodenmaterial statt, die durch Wasser und Wind induziert werden. In erster Linie resultiert daraus der Verlust von Oberbodenmaterial. Das Ergebnis, der durch Wassererosion hervorgerufenen Schädigungen reichen von flachgründigen Rinnen bis tief eingeschnittenen Gräben (RICHTER 1998, BEESE 2003).

Bei der Winderosion bläst Wind das Obermaterial der Böden aus. Dieses akkumuliert sich einerseits in Senken, andererseits kann es zur Vergrößerung und Verlagerung von Dünen führen. Bei der physikalischen und chemischen Degradation laufen die Umwandlungsprozesse unterhalb der Bodenoberfläche ab. Beispielsweise wird durch eine Reduktion von stabilisierenden Aggregaten, die Bodenstruktur nachhaltig verändert. Bodenverdichtung, Verkrustung oder Versiegelung verändern die Bodenoberfläche und begünstigen den Oberflächenabfluss (RICHTER 1998, BEESE 2003). Auswaschungen der Böden führen unweigerlich zu einer Reduktion an Nährstoffen und begünstigen Bodenversalzung oder Versauerung. In diesem Fall spricht man von chemische Degradationsprozessen (RICHTER 1998, BEESE 2003).

Tabelle 2 zeigt das globale Ausmaß und den Schwergrad der durch menschlichen beeinflussten Bodendegradationstypen. Das Beeinträchtigungsausmaß wird mit den Bezeichnungen „leicht“, „moderat“ und „schwer“ graduell angegeben. Oldeman (1994) definiert die Abstufungen folgendermaßen:

- Leicht: Produktivität ist etwas reduziert, mit Hilfe einfacher Methoden wiederherstellbar;
- Moderat: Produktivitätsverlust ist groß, der nur mit Hilfe von strukturellen Maßnahmen, wie zum Beispiel durch Terrassierung gemindert werden kann;
- Stark: Ackerland degradiert, die Wiederherstellung der Fruchtbarkeit der Böden nur mit massiven monetären Aufwendungen möglich;
- Extrem: Land ist unwiederbringlich zerstört;

Aus globaler Sicht nimmt die Wassererosion mit 1094 Mio. ha betroffener Fläche die erste Stelle ein. Die durch Wasser degradierten Flächen weisen mittlere bis starke Beeinträchtigungen auf (siehe Tabelle 2 (OLDEMAN 1994, RICHTER 1998)).

Tabelle 2 Globale Ausdehnung - Schätzung Bodendegradationsarten (Oldeman et al 1991; 1994)

Degradierungstyp	Schweregrad (in Mio. ha degradierte Fläche)			
	Leicht	Moderat	Stark + Extrem	Total
Wassererosion	343	527	224	1094
Winderosion	269	254	26	549
Chemische Degradation	93	103	43	239
Physikalische Degradation	40	28	15	83
Total	745	912	308	1965

2.3 Bodenerosion

Über viele geologische Zeitalter hinweg wurde das Landschaftsbild vom natürlichen ungestörten geomorphologischen Prozess der Bodenerosion geprägt. Ab dem Holozän (ca. vor 20.000 Jahren) begann der Mensch aktiv in das Prozessgeschehen einzugreifen. Spätestens mit dem Neolithikum (10.000 – 4000 v. Chr.) und dem Einsetzen der Neolithischen Revolution begann der Mensch sesshaft zu werden. Landwirtschaft und Viehzucht entwickelten sich, wie nachweisliche Beispiele von Kultivierungsmaßnahmen im Levante zeigen (GOUDIE 2000). Mit dem Bevölkerungszuwachs war eine großflächige Umwandlung von Wald- in Ackerflächen verbunden. Durch diese dauerhafte Abnahme der natürlichen Vegetationsdecke traten seinerzeit erste Bodenzerstörungstendenzen auf. Die stetige Zunahme der Bevölkerung, die verbesserten Gerätschaften zur Bearbeitung der Böden und die Intensivierung der Holzgewinnung beeinflussten über die kommenden Jahrhunderte die Böden (RICHTER 1998). Seit der Entwicklung der Landwirtschaft vor 20.000 Jahren wurden 4,3 Mio. km² an landwirtschaftlicher Nutzfläche durch Bodenerosion zerstört. Das entspricht mehr als 1/3 der heutigen Agrarflächen (GOUDIE 2000).

Durch die Intensivierung der anthropogenen Beanspruchung und Übernutzung der Böden stiegen die Bodenabtragsraten immens an. Das heutige Ausmaß der Bodenerosion wurde somit durch den Menschen bestimmt und nicht der an sich natürliche Prozess der Degradation (SCHMIDT 2000). Aus globaler Sicht sind mehr als 30% der kultivierten Landflächen von Bodenerosion betroffen (MORGAN 1999).

Nicht nur die tropischen und semi-aride Zonen, sondern auch die gemäßigten Breiten kämpfen mit den Auswirkungen der Bodenerosion. In großen Teilen der Erde übersteigt mittlerweile die Bodenabtragsrate die Neubildungsrate. Das Resultat liegt in der Minimierung der schon jetzt begrenzten Bodenressourcen. Die fruchtbarsten Böden können innerhalb kürzester Zeit zerstört werden. Bevölkerungswachstum generiert Bedürfnisse, die in einen Anstieg der Nachfrage an Lebensmittel und vermehrtem Bedarf an Lebensraum einhergehen. Dies wirkt sich auch unweigerlich auf die Böden aus (vgl. Kapitel 2.1.4 (PIMENTEL 1993, TOY et al. 2002)).

Goudie (2004) beschreibt in der "Enzyklopädie für Geomorphologie" Erosion folgendermaßen:

"Erosion describes a group of processes whereby earth material are detached, removed and transported from any part of the Earth's surface. Transport is influenced by gravity and friction and affected by agents such as running water, waves, wind, or in moving ice. Rarely, in these entries, is mention made of humans as a cause or agent of erosion, while deposition, the product of erosion, is considered a separate process".

Sowohl im englischen als auch im deutschen Sprachraum wird grundsätzlich differenziert zwischen dem Prozess der Denudation und dem der Erosion. Der Begriff Spüldenudation beschreibt generell die flächenhaften Ablösung der Partikel, den Transport und die Akkumulation des Bodenmaterials. Diese natürlich ablaufenden Prozesse wirken sich maßgeblich auf Flächen ohne Vegetationsbedeckung aus. Dabei spielt die Größe der abgetragenen Fläche keine Rolle (ZEPP 2004). Generell wird der Terminus Denudation im angloamerikanischen Raum für große Areale wie Landschaften oder Drainagebecken angewendet. In diesem Kontext betrachtet man den durchschnittlichen Höhenverlust der Landoberflächen deren Abtrag durch Denudation über einen langen Zeitraum erfolgte. Die Variabilität lokaler Erosionsraten bleiben dabei unberücksichtigt (TOY et al. 2002).

Zepp (2004) verwendet den deutschsprachigen Begriff Erosion ausschließlich für linienhaften fluvial konzentrierten Abtrag, meist mit erkennbaren Eintiefungen im Untergrund. Hingegen fasst die englischsprachige Literatur alle Abtragungsprozesse, gleichgültig ob Erosion und Denudation unter dem Begriff „erosion“ zusammen (ZEPP 2004).

Den vom Menschen beeinflussten Prozesse der Erosion und der Hangdenudation, die das natürliche Maß übersteigt, wird der aus dem Englischen übernommene Begriff „soil erosion“ für Bodenerosion zugewiesen. In der deutschsprachigen Geomorphologie wird für alle vom Menschen bedingte übermäßigen Abtragungen durch Wasser und Wind der Terminus der Bodenerosion verwendet (ZEPP 2004).

Toy et al. (2002) sprechen in diesem Kontext von „accelerated, anthropic, human-induced erosion“, die infolge menschlicher Aktivitäten wie der Bloßlegung von Boden durch Vegetationsabnahme zur und so zu verstärkten Bodenabtrag führt.

De Vente et al. (2005) fasst Bodenerosion und alle Erosionsprozesse im allgemeinen Begriff „Erosion“ (siehe Abbildung 6) zusammen. Die Publikation bezieht sich auf alle Prozesse, die in einem Einzugsgebiet stattfinden. Die Anwendung des Begriffs „Soil Erosion“ beschränkt sich auf Bodenmaterial, das maximal einen Meter tief von der Bodenoberfläche abgelöst wird. Die Sedimentfracht (engl. sediment yield) bezieht sich entweder auf die Erosion oder die Bodenerosion (DE VENTE und POESEN 2005).

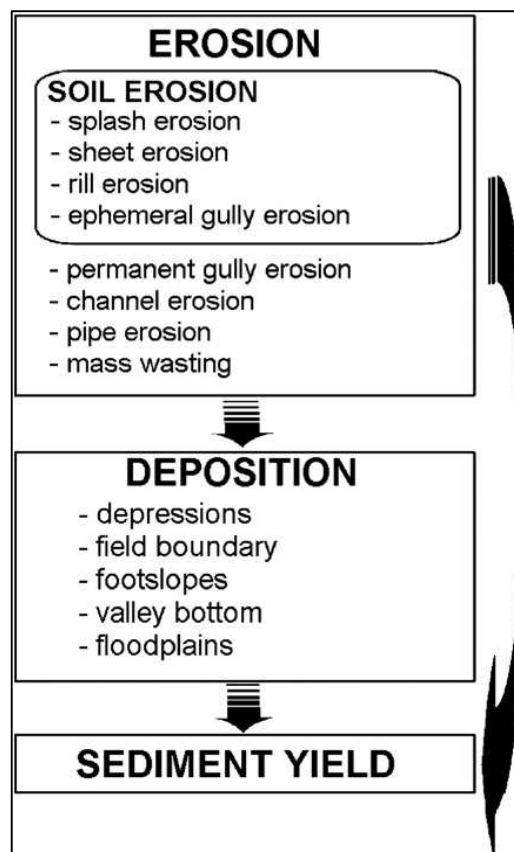


Abbildung 6 Beispiel der unterschiedlichen Anwendung der Termini "Erosion", "Soil Erosion" (De Vente et al. 2008)

Goudie (2004) beschreibt weiter, dass es sich bei Bodenerosion aus gesellschaftlicher Perspektive um nachweisbare Auswirkungen einer Naturgefahr handelt: Einerseits deren Einfluss auf die Primärproduktion und andererseits der Einfluss auf Leben, Besitz und Infrastruktur.

Dementsprechend beschäftigen sich unterschiedlichste Wissenschaftsdisziplinen mit den Auswirkungen der Bodenerosion. Naturwissenschaftliche, technische, sozial- und gesellschaftswissenschaftliche Institutionen setzen sich mit der Prävention und Minimierung von Bodenerosion auseinander (GOUDIE 2004).

Die folgenden Abschnitte behandeln die Bodenerosion durch Wasser, deren wesentliche Aspekte, Faktoren, Prozesse und deren möglichen Auswirkungen. Andere Erosionsprozesse, wie zum Beispiel durch Wind ausgelöste Bodenerosion werden in der vorliegenden Arbeit nicht im Detail besprochen. Die Bodenerosion, die durch die intensive Bearbeitung landwirtschaftlicher Nutzflächen (engl. „tillage erosion“) ausgelöst wird, soll in Kapitel 2.3.3 kurz angesprochen werden.

2.3.1 Einflussfaktoren der Bodenerosion

Aus den räumlich unterschiedlichen Umweltbedingungen resultieren die jeweils möglichen Bodenerosionsformen. Daraus ergeben sich standortspezifisch differenzierte Erosionsraten (Parzelle, Feld, Region). Die vier wesentlichen primären Einflussfaktoren sind Klima, Topographie, Bodeneigenschaften und Landnutzung. Diese Faktoren beeinflussen die Intensität von Wasser- und Winderosion maßgeblich (TOY et al. 2002).

Frielinghaus et al. (1999) gehen davon aus, dass die Klimafaktoren nicht beeinflussbar und Standortfaktoren als kaum beeinflussbar bzw. stabil gelten. Dieser Umstand lässt sich auf die globalen „hotspots“ anwenden. Die spezifischen Nutzungsfaktoren, wie zum Beispiel Anbaufolge oder Bodenbedeckung können hingegen als instabil oder beeinflussbar bezeichnet werden (siehe Abbildung 7). Die daraus entstehenden vielschichtigen Kombinationen werden für die unterschiedlichen klimatischen und naturräumlichen Regionen herangezogen, um daraus beispielsweise individuelle Schutzstrategien für Ursachen-Folgen für erosionsgefährdete Gebiete entwickeln zu können (FRIELINGHAUS et al. 1999).

Wesentliche Faktoren, wie Regenmenge, Abflussgeschwindigkeit, Hanggradient sind meist für den Erosionsprozess bekannt. Hingegen differieren die Ursachen räumlich sehr stark. In diesem Zusammenhang kommt darauf an, welche auslösenden Indikatoren, beispielsweise Entwaldung, Verbrennen von Biomasse oder Überweidung lokal, regional Einfluss nehmen (PIMENTEL et al. 1995).

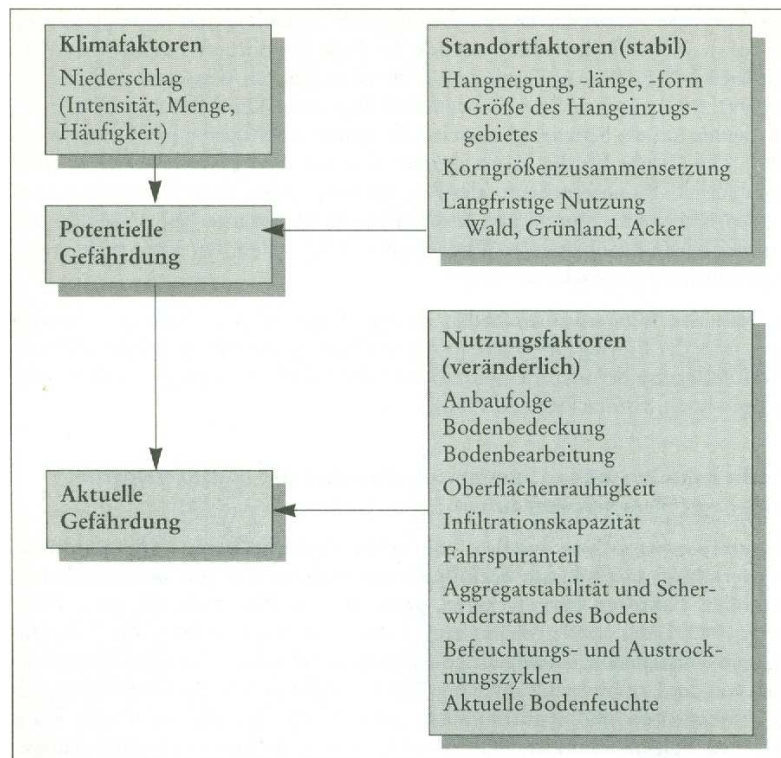


Abbildung 7 Faktorenkomplex Wassererosion (Frielinghaus et al. 1999)

Klima

Niederschlag ist der maßgebliche und auslösende Klimafaktor für Bodenerosion. Durch das Aufschlagen von einzelnen Regentropfen werden Erosionsmechanismen ausgelöst und gleichzeitig wird Bodenmaterial durch vermehrten Oberflächenabfluss abgespült. Die Erosivität des Niederschlags ist der Faktor, der die Magnitude der Bodenerosion entscheidend beeinflusst. Mit Hilfe verschiedener Variablen, wie der Regenmenge, der kinetischen Energie, der Eigendynamik der Tropfen und der Intensität des Niederschlags kann Erosivität beschrieben werden (MORGAN 1999, TOY et al. 2002). Ebenso beeinflusst auch die Art des Niederschlags, die von der jeweiligen Temperatur gesteuert wird, die Erosivität des Bodens.

Zum Beispiel verursachen schwere Niederschläge immens hohe Bodenabtragsraten, wogegen Schneefall nicht erosiv wirkt (TOY et al. 2002). Die Prozesse der Wasser- und Winderosion variieren einerseits im Zeitverlauf, andererseits stehen beide in Abhängigkeit mit dem jeweiligen Klima, das räumlich äußerst differenziert ist. Bodeneigenschaften unterliegen ebenfalls einer temporalen Variabilität, die zu unterschiedlichen Erosionsmengen führt (TOY et al. 2002).

Bodeneigenschaften

Der Widerstand des Bodens oder Erodibilität beschreibt die Anfälligkeit gegenüber Ablösungs- und Transportprozessen. Neben Einflussgrößen, wie Hangneigung, Exposition oder Störungen durch landwirtschaftliche Nutzung, sind es Bodeneigenschaften, die Bodenerosion bedingen (MORGAN 1999). Ob ein Substrat erosionsanfällig ist, hängt von den jeweiligen Bodeneigenschaften wie der Textur, der Aggregatstabilität, des Wassergehalts, der Scherfestigkeit, der Durchlässigkeit und dem Anteil an organischen und chemischen Stoffen im Bodens ab (MORGAN 1999, TOY et al. 2002). Der Bodenwiderstand wird maßgeblich von der Textur und Struktur der unterschiedlichen Partikelgrößen des jeweiligen Bodens beeinflusst. Ebenso hängt die Durchlässigkeit bzw. Infiltrationskapazität des Bodens von der Größe und Stabilität der Poren, sowie der Beschaffenheit des Bodenprofils ab (MORGAN 1999). Die Scherfestigkeit beschreibt, inwiefern der Boden Haltefestigkeit und Resistenz beweist. Sie entstehen durch fließendes Wasser, Wind oder mechanische Beanspruchung an der Bodenoberfläche (MORGAN 1999).

Topographie

Frielinghaus et al. (1999) beschreiben die Topographie wie das Klima als einem nahezu stabilen (konstanten) Faktor (siehe Abbildung 7). Doch aus der topographischen Variabilität einer Landschaft resultieren unterschiedlichste Einflussfaktoren. Hang- und Reliefeigenschaften und räumliche Unterschiede in den Bodenoberflächeneigenschaften beeinflussen die Bodenerosion und dessen Kapazität. Die Variabilität der Faktoren bestimmt, ob Erosion, Transport oder Akkumulation von Bodenmaterial stattfindet (AUERSWALD 1998, CERDAN et al. 2006). Li (2006) stellt fest, dass verschiedene Erosionsprozesse differente räumliche Signaturen in der Landschaft haben. Eine entscheidende Rolle für den maßstabsabhängigen Erosionsprozess spielen vor allem die Hangneigung und Hanglänge. Mit der Steilheit und Länge des jeweiligen Hanges steigen die Abfluss- und Abtragsraten. Ebenso haben die unterschiedlichen Hangformen (uniform, konkav und konvex) Einfluss auf die Kapazitäten der Abtragsraten (TOY et al. 2002).

Landnutzung

Die Landnutzung hat das größte Potential Bodenerosionsprozess auslösen, deren Einfluss ist weit höher als die bereits erwähnten Faktoren, Klima, Topographie oder Bodeneigenschaften (TOY et al. 2002). Folglich spielt der Mensch die wahrscheinlich größte Rolle bei einem sonst natürlich ablaufenden Prozess.

Morgan (1999) beschreibt die Wirkung der Vegetation als Schutzschicht oder Puffer zwischen der Atmosphäre und dem Boden, folglich nimmt durch die Entfernung der natürlichen Vegetationsdecke der natürliche Bodenschutz entscheidend ab (RICHTER 1998). Eigenschaften, wie Dichte und Höhe der Bedeckung, die Blattform und die Durchwurzelung sind hier zu anzuführen. Je höher die Dichte der Bodenbedeckung, desto mehr wird der Boden vor Niederschlag geschützt. Die Wuchshöhe entscheidet über die Erosivität des einzelnen Regentropfen, beispielsweise minimiert bodennahe Bedeckung diesen Faktor entscheidend (TOY et al. 2002).

Die zeitliche und räumliche Variabilität der Vegetationsdecke hängt stark mit den Veränderungen in der Landnutzung zusammen. Dementsprechend kommt es zu großen Schwankungsbreiten bei den Bodenabtragsraten (MORGAN 1999). Abbildung 8 verdeutlicht den Einfluss der Bodenbedeckung auf den Bodenabtrag und den Oberflächenabfluss (TOY et al. 2002).

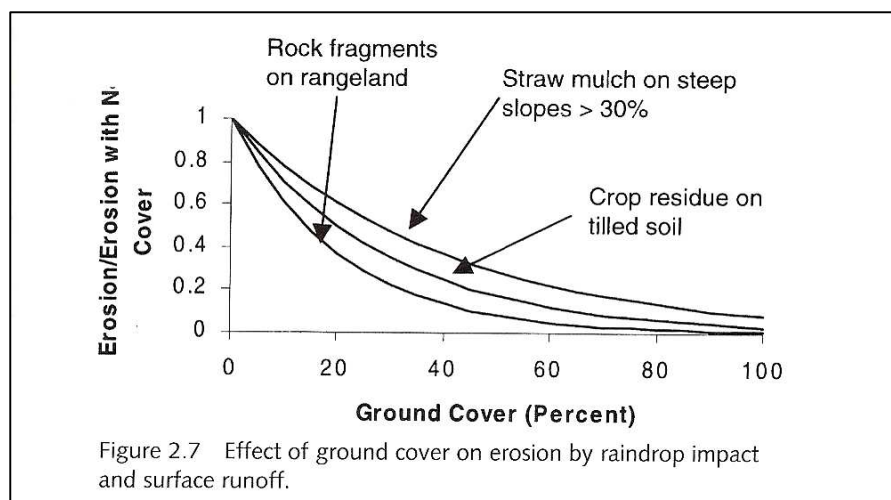


Abbildung 8 Auswirkung der unterschiedlichen Bodenbedeckung auf Erosion (Regentropfen) und Oberflächenabfluss (Toy et al. 2002)

Ackerbau, Weide- oder Forstwirtschaft verändern, stören das Bodengefüge nachhaltig. Das Fehlen einer geschlossenen Vegetationsdecke begünstigt Bodenerosion. Weiters kommt es durch den Einsatz schwerer Maschinen zu Bodenverdichtung, die die Infiltration in den Boden erheblich erschweren und Oberflächenabfluss begünstigen (RICHTER 1998, TOY et al. 2002). Im Zuge von städtebaulichen Maßnahmen wie Grabungen oder der Anlage von Deponien, sind die Böden infolge der fehlenden Vegetationsdecke gänzlich exponiert gegenüber Erosionsprozessen durch Wasser oder Wind.

Am stärksten jedoch sind brachliegende landwirtschaftliche Flächen betroffen, da dort nur eine spärliche Vegetationsdecke vorhanden ist, oder diese vollständig entfernt wurde (BOARDMAN und POESEN 2006). Faktoren wie Klima, Topographie, Boden und Landnutzung beeinflussen die Erosion durch Wasser und die anschließende Sedimentation der Bodenpartikel entscheidend (TOY et al. 2002).

2.3.2 Prozesse

Generell betrachtet ist Bodenerosion ein komplizierter natürliche auflaufender Prozess, der durch geomorphologische, hydrometeorologische, biogeochemische, anthropogene Faktoren signifikant beeinflusst wird (ITO 2007). Neben den erwähnten Faktoren liegt die Komplexität darüber hinaus in der räumlichen wie zeitlichen Heterogenität, wie Diskontinuität des einzelnen Prozessgeschehens. So können sich beispielsweise Oberflächenbedingungen zwischen den einzelnen Ereignissen ändern und damit das Prozessausmaß entscheidend beeinflussen.

Noch entscheidender ist aber der anthropogene Einfluss, der die Erosionsraten immens ansteigen lässt (MORGAN 1999). Im Kapitel Maßstab 2.4 werden die räumliche und zeitliche Variabilität der Erosionsprozesse näher besprochen.

Die Bodenerosion (Wasser, Wind) läuft als Zwei-Phasen-Prozess ab. Bei ersteren werden die einzelnen Partikel aus der Bodenmasse abgelöst. In der zweiten Phase wird das erodierte Material durch fließendes Wasser oder Wind transportiert. Eine weitere Phase ist die Ablagerung der Sedimentfracht, sie zählt nicht unmittelbar zum Erosionsprozess. Autoren, wie beispielsweise Auerswald (1998) und Morgan (1999) bezeichnen die aber als dritte Phase. Wenn die Transportkapazität infolge eines erosionsresistenten Bodens abnimmt oder die Sedimentfracht größer als die Transportkapazität ist, erfolgt die Deponierung der Sedimente (siehe Abbildung 9 (TOY et al. 2002)).

Ablösung – Transport - Disposition

In der ersten Phase der Ablösung werden die Bodenaggregate eines ausgetrockneten Bodens im Laufe eines starken Niederschlagsereignisses zusammengedrückt. Als Folge des Drucks werden die Bodenteilchen zerkleinert und vom Substrat abgespalten (Abbildung 9 (AUERSWALD 1998)).

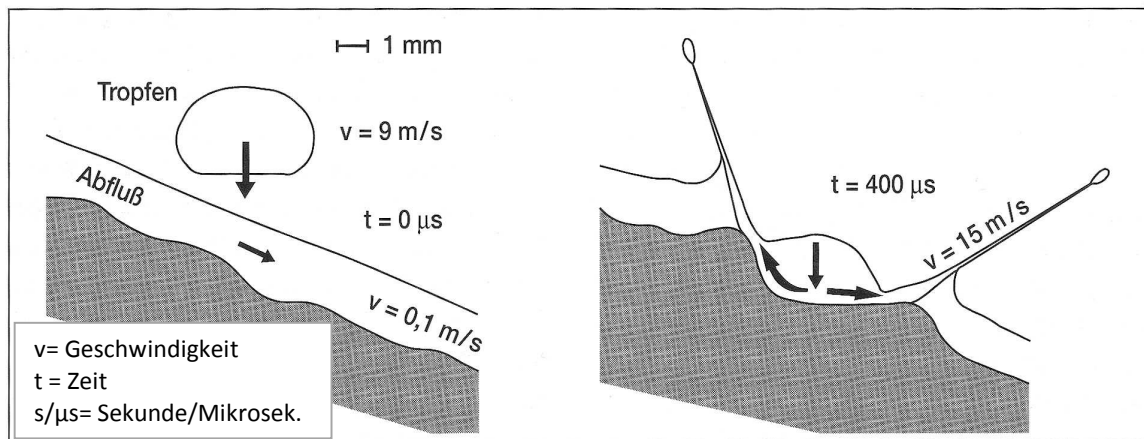


Abbildung 9 Splash-Effekt von Regentropfen (Auerswald 1998)

Den Ablöseprozess bezeichnet man als den „Splash-Effekt“ des Regentropfens. Dabei werden infolge der hohen Fallgeschwindigkeit Bodenaggregate durch die Tropfen zerteilt. Neben der Geschwindigkeit spielt auch die Regentropfengröße eine wesentliche Rolle (MORGAN 1999). Der Regentropfen unterliegt zwei Kräften: Eine, die den Boden verdichtet und folglich den Boden verkrustet oder verschlämmt und keine Infiltration ermöglicht. Die weitere Kraft tritt auf, wenn der Regentropfen einschlägt und die in Wasser gelösten Bodenteilchen in alle Richtungen schleudert. Die Bodenoberfläche unterliegt nun hoher Scherspannung weswegen Bodenteile aus dem Gefüge gerissen und durch den Oberflächenabfluss weitertransportiert werden können (AUERSWALD 1998, MORGAN 1999).

Der Oberflächenabfluss ist ein weiterer Ablöseprozess, der die Bodenpartikel abträgt. Dafür entscheidend ist die jeweilige Fließgeschwindigkeit. Jeder Boden weist einen gewissen Widerstand auf, der durch eine Überschreitung eines spezifischen Schwellenwertes überwunden wird. Die Ausnahme wäre dann gegeben, wenn Bodenteilchen bereits erodiert wurden und somit die Kohäsion außer Kraft gesetzt wurde (MORGAN 1999). Der Transport der abgelösten Bodenpartikel zählt zur zweiten Phase des Erosionsprozesses. Sowohl die Ablösung als auch der Transport erfolgen in diesem Fall durch Wasser als Transportmedium (ZEPP 2004).

Beim Transport kommen zwei Arten von erosiven Kräften zum Tragen, die zum einen flächenhaft, wie der Oberflächenabfluss oder der „Splash“-Effekt wirken. Die anderen Kräfte bündeln sich linear und das Wasser transportiert das erodierte Material in Rillen, Gullies oder Flussbetten (MORGAN 1999).

Abbildung 10 zeigt die Interaktion zwischen Sedimentfracht, Ablösung, Transportkapazität und der Ablagerung des erodierten Materials. Die Fließtransportkapazität ist eine Funktion der Fließerosivität und der Transportmöglichkeit von Sedimenten, die von der Größe und Dichte der einzelnen Sedimentpartikel abhängig sind (TOY et al. 2002).

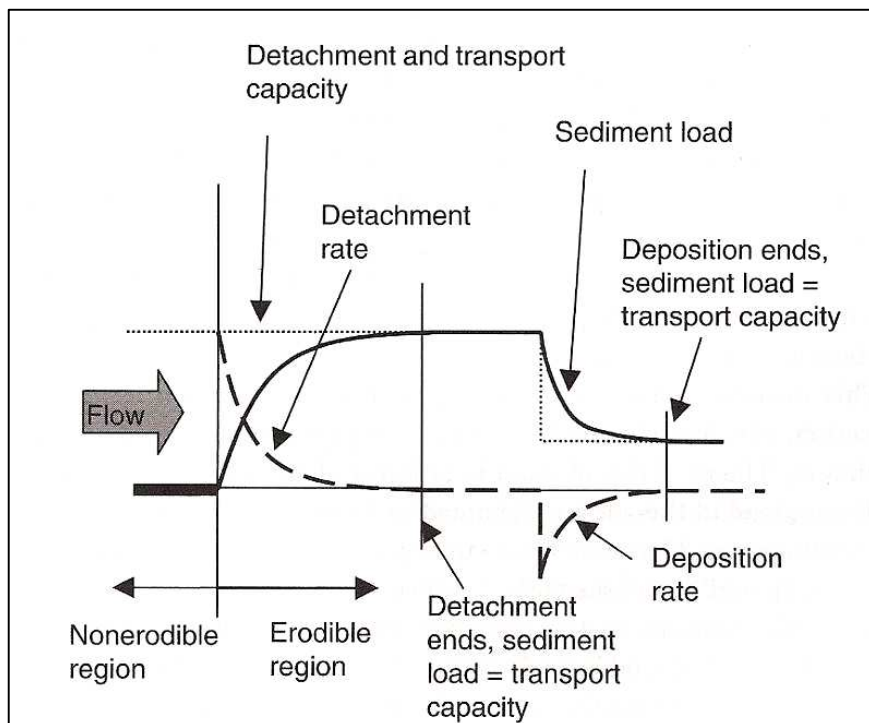


Abbildung 10 Interaktion zwischen Sedimentfracht, Transportkapazität und Ablagerung im Erosionsprozess (Toy et al. 2002)

Als Deposition bezeichnet man einen selektiven Prozess, der dichte und große Partikel zuerst abgelagert. Die Sedimentation erfolgt dann, wenn die erodierte Fracht die Transportkapazität überschreitet. Toy et al (2002) beschreiben, dass die Ablagerungsrate proportional zur Differenz von Transportkapazität, Sedimentfracht, Fließgeschwindigkeit, Höhe des Abflusses und der Fallgeschwindigkeit der Partikel ist (Abbildung 9 (TOY et al. 2002)).

2.3.3 Erosionsformen der Wassererosion

Die Prozesse der Wassererosion unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Auswirkungen: zum Einem, der Verlust von fruchtbaren Oberbodenmaterial und zum Anderen die nachhaltige Veränderung des Terrains oder der generellen Deformation von Oberflächen. Die Folge sind Ausbildungen von Rillen, Rinnen, Gräben und Tälern. Die Erosionsprozesse laufen entweder flächenhaft oder linien- bzw. rillenhaft ab.

Die Erosion, die durch Oberflächenabfluss entsteht, bezeichnet man als flächenhafte Erosion oder Abspülung (engl. interrill erosion). Sie enthält Kleinstrillen, die dicht geschart und verzweigt sind (AUERSWALD 1998, TOY et al. 2002). Bei der flächenhaften Erosion wird zwischen der Regentropfenerosion (engl. splash erosion) und einer flachgründigen Verspülung, der Schichterrosion (engl. sheet erosion) unterschieden (AUERSWALD 1998). Durch den Splash-Effekt der Regentropfen und des Oberflächenabfluss kommt es zur Verschlämmung und den Verlust des Oberbodens (AUERSWALD 1998, BEESE 2003).

Beese (2003) teilt in diesem Kontext die Erosionsformen in vier Kategorien ein. Neben Verschlämmen und Verlust des Oberbodens, definiert er weiter die Zerstörung des Geländes durch Rinnen und Gräben. Die letzte Kategorie beschreibt die Überdeckung der Böden und die Akkumulation des Erosionsmaterials. Bei der linienhaften Erosion (engl. rill erosion) erfolgt der Abfluss konzentriert in Rillen, Rinnen oder Gräben (engl. gullies). Die zunehmende Transportkraft und die jeweiligen vorherrschenden Bodenbedingungen bestimmen die jeweilige Größe bzw. Tiefe der linearen Erosionsformen (AUERSWALD 1998, TOY et al. 2002).

Gullies sind permanente steilwandige Gräben, die bei starken Niederschlagsereignissen Wasser führen. Sie sind im Gegensatz zu Rinnen tiefer und können eine große Menge an Sedimenten transportieren. Erosionsprozesse setzen am Beginn der Vertiefung an und schneiden sich leicht in die erosionsanfälligen Böden ein. Es entstehen steile Flanken, die Erosion verlegt Basis weiter und folglich vertieft sich das Gerinne. Die Prozesse verstärken sich durch Unterspülung am Gully-Fuß. Dieser Prozess bewirkt ein Rückschreiten der Böschung hangaufwärts (MORGAN 1999).

Bearbeitungserosion

Diese Erosionsform (engl. tillage erosion) ist eine Sonderform der gravitativen Bodenverlagerung, die sich durch die landwirtschaftliche Bearbeitung, z.B. durch pflügen ergibt (AUERSWALD 1998B). Um den Abtrag durch Wassererosion zu vermindern, erfolgt das Pflügen quer zum Hang. Dabei kann mehr Bodenmaterial verlagert werden, als durch den Einfluss von Wasser abgespült werden kann (AUERSWALD 1998B). Li (2006) beschreibt, dass schon in den 1940er Jahren die Bearbeitungserosion hinsichtlich ihres Ausmaßes unterschätzt wurde. Bei der Bearbeitung bzw. der Bodenumlagerung kommt es vor allem an Kuppen und Schultern zu massiven Verlagerungen des Bodenmaterials. Auerswald (1998B) beschreibt, dass das Ausmaß der Verlagerung unterschiedlich sein kann, aber fallweise 10mal höher als die Erosionsraten der Wassererosion.

2.4 Maßstab*... aus der Sicht der Geomorphologie*

Slaymaker et al. (2009) konstatieren, dass die Abgrenzung des jeweiligen Forschungsfeldes, sowohl temporär wie räumlich notwendig ist, um Auswirkungen des globalen Wandel oder globaler Umweltveränderungen bewerten und messen zu können. Die Geomorphologie wählt folglich für den räumlichen Maßstab, die Landschaft, mit einem Bereich von 1 km² – 100.000 km².

Die kleinräumigen Maßstäbe (Grundstück/Fleck; engl. plot/patch) werden für die Beobachtung bewusst ausgeschlossen (vgl. (ROBERTS 1994, SLAYMAKER et al. 2009, MORGAN und NEARING 2011)). Ebenso exkludieren Slaymaker et al. (2009) große räumliche wie temporale Maßstäbe (Makro/Mega), beispielsweise wie Biome, denn Reaktionen auf ökologische Störungen können Jahrhunderte prägen und verändern. Der bevorzugte zeitliche Maßstab liegt für Geomorphologen im Zeitrahmen zwischen einer Dekade und Jahrhunderten. Menschliches Leben, die Prozesse zur Lebenserhaltung sowie die Adaptierung bzw. Abschwächung von Strategien als Reaktion auf Umweltwandel finden im intermediären Maßstab, zwischen dem Mirko- und Makromaßstab statt (siehe Abbildung 11 (SLAYMAKER et al. 2009)).

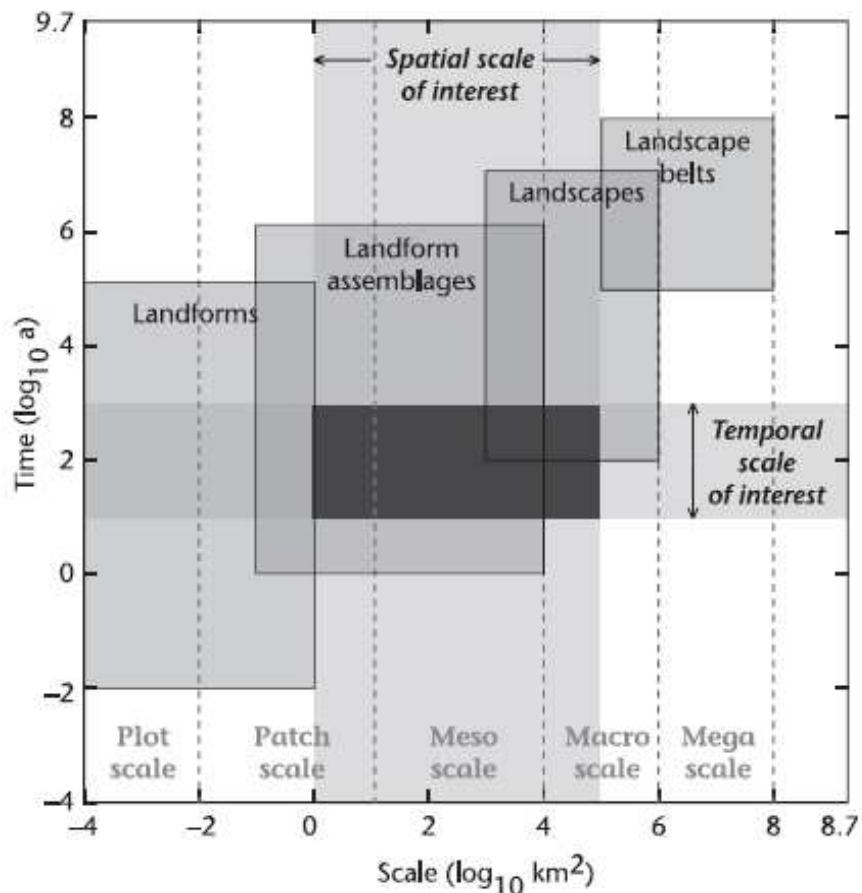


Abbildung 11 Räumlicher/Zeitlicher Maßstab am Beispiel der Geomorphologie (Slaymaker et al. 2009)
 (x-Achse: Areale der Erdoberfläche in km² in logarithmischen EH;
 y-Achse: Ursprung der Erde in Jahren in log. EH)

... aus der Sicht der Pedologie

Bodenerosion, entweder ausgelöst durch Wasser, Wind oder Schneeschmelze ist gleichfalls ein maßstabsabhängiger Prozess, der sowohl räumlicher als auch zeitlicher starker Variabilität unterliegt. Die Maßstabsfrage ist ein wichtiger Aspekt, der die Interpretation der Ergebnisse entscheidend beeinflusst. Aus diesem Grund ist es notwendig eine Verlinkung von Erosionsprozessen über beide Maßstäbe, Raum wie Zeit zu erreichen (VALENTIN 1998). Schmidt (1998) beschreibt die Erosion als keinen kontinuierlichen Prozess, sondern bezeichnet die Ergebnisse als isoliert ablaufende Einzelprozesse. Eine unmittelbare Vergleichbarkeit kann durch die Menge an zeitlich variablen Einflussgrößen nicht erfolgen (SCHMIDT 1998). Der Prozess der Bodenerosion ist sowohl an die räumliche als auch an die zeitliche Dimension gebunden.

2.4.1 Räumliche und zeitliche Dimension

Leser (1998) und Morgan halten fest (1999), dass das Ausmaß der Bodenerosionsraten abhängig von der Größe des betroffenen Gebietes ist. Daher sollte der Faktor der räumlichen Variabilität in der Interpretation insbesondere berücksichtigt werden. Betrachtet man das Ausmaß eines einzelnen Erosionsprozesses kleinräumig, so muss beachtet werden, ob das gesamte erodierte Material sofort in die Vorfluter gelangt, oder ob ein Teil anderenorts akkumuliert wird. So könnte ein Anteil in einem ersten Akkumulationsprozess am Hangfuß oder auf Überschwemmungsflächen abgelagert werden. Hier kommt die zeitliche Dimension der Bodenerosion ebenfalls zum Tragen. Dieses akkumulierte Material kann erst beim nächsten Niederschlag wieder mobilisiert werden. Es können ebenso Kolluvien, die einige Tage bis Jahrtausende in situ verweilen und während eines erneuten Erosionsprozesses wieder reaktiviert werden (MORGAN 1999).

Abbildung 12 verdeutlicht die Problematik der Bodenerosionsforschung hinsichtlich der Interpretationsvielfalt in Bezug auf Raum und Zeit. Boardman und Poesen (BOARDMAN und POESEN 2006) führen ebenso an, dass es demzufolge zu Variabilitäten hinsichtlich der Erosionsprozesse und ihrer Raten kommt. Aus den zeitlichen und räumlichen Maßstäben ergeben sich logische Kombinationen bei der empirischen Bewertung von Erosionsprozessen. Bezüglich der Messung werden diese nach ihrem Auftreten in folgende Gruppen unterteilt: am Standort der Erosionserscheinung (1), während des Transportprozesses (2) oder nach Desposition (3) (siehe Abbildung 12 (ROBERTS 1994)).

Bei Erosionsermittlung über den zeitlichen Maßstab wurden bei Beobachtung und Experimenten max. 10 Jahre angewendet (ROBERTS 1994). Für empirische Bodenerosionsanalysen über längere Zeiträume wird eine Vielzahl von Proxy-Daten herangezogen. In diesem Zusammenhang wird auf stratigraphische Messungen zurückgegriffen, die die Änderungsrate und die Charakteristik der Sedimentation verwenden. Sie geben Auskunft über den jeweiligen Verlauf der Erosionsprozesse. Die unterschiedlichen Ansätze der Erosionsmessung erfordern ebenso verschiedene Stufen der Datenauflösung. Tendenziell steigt vom längeren zu kürzeren zeitlichen Maßstab die zeitliche Präzision. Die räumlichen Dimension erstreckt sich von kleinstmaßstäbige Plot-Studien am einzelnen Hang - Mikro-Maßstab, (siehe Abbildung 12) über Monitoring in Einzugsgebieten - Meso-Maßstab, hin zu globalen Beobachtungs- und Bearbeitungsmaßstäben (ROBERTS 1994).

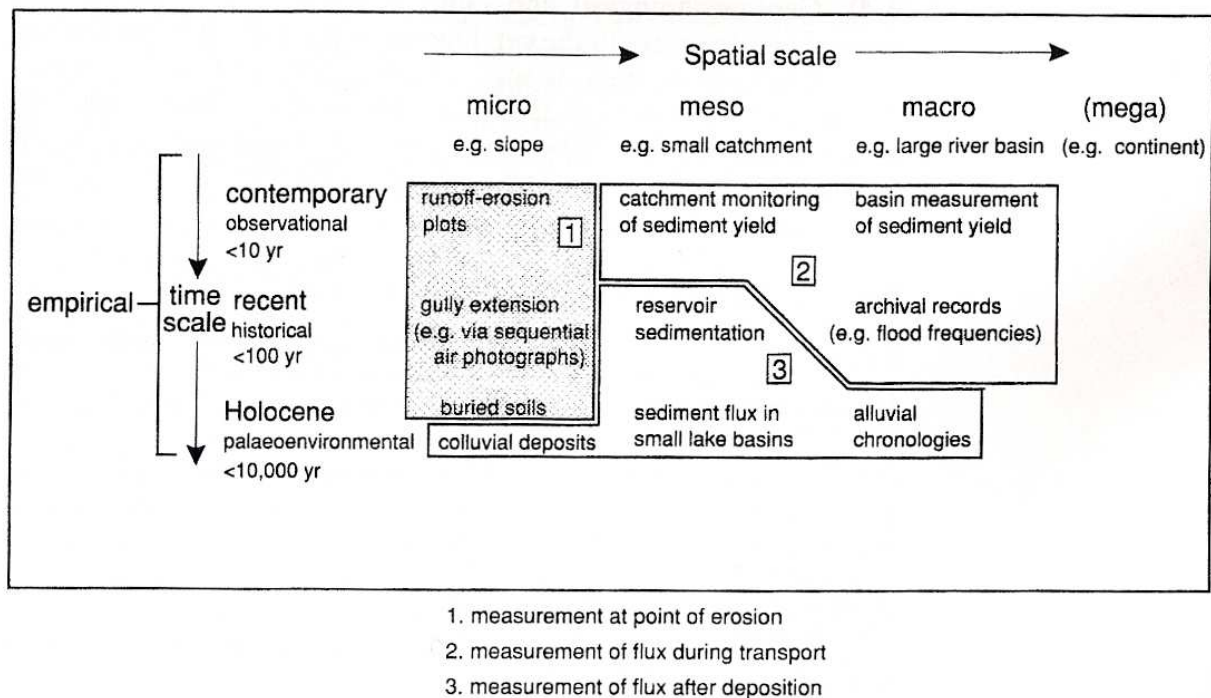


Abbildung 12 Unterschiedliche Forschungsansätze zur Bodenerosionsmessungen anhand räumlicher/zeitlicher Maßstäbe (Roberts 1994)

In der Klassifikation der Naturgefahrenstypen (DIKAU und WEICHSELGARTNER 2005) beschreibt die Variabilität des zeitlichen Ablauf der Prozessdauer eines Bodenerosionsevents zwischen weniger Stunden bis Jahrtausenden. Parallel zur Prägung ganzer Landschaftsabschnitte durch Degradation- und Erosionsprozessen wirken die jeweiligen vorherrschenden Klimabedingungen sich über den Jahreszyklus auf das Prozessgeschehen aus (MORGAN 1999, TOY et al. 2002). Dementsprechend variieren die Erosionsraten in Stärke und Intensität der Niederschläge (LESER et al. 1998, MORGAN 1999). Beispielsweise steht die erosionsanfällige Zeit in semi-humiden Klimazonen am Anfang der Vegetationsperiode, da der Schutz durch eine Pflanzendecke noch unzureichend ist. Dementsprechend geht dem Erosionshöhepunkt ein Niederschlagshöhepunkt voran (KIRKBY 1980A). Abgesehen vom jahreszeitlichen Verlauf können das Auftreten und ebenso der Entstehungsprozess von Bodenerosion räumlich wie zeitlich höchst variabel sein. Um das Ausmaß und die Einflussfaktoren von Bodenerosion bearbeiten zu können, ist es notwendig, die Betrachtungsebene für die Prozesse zu ermitteln und gleichzeitig entsprechende Messmethoden beziehungsweise Modellansätze zu etablieren und anzuwenden (STRAUSS 2003).

Der Einfluss von Klima auf den Bodenerosionsprozess ist unumstritten. In globalen wie regionalen Modellen zeigt sich, dass es für die Bestätigung der Hypothese des möglichen klimatischen Einfluss wenig relevante Felddaten verfügbar sind (KIRKBY 1994, IMESON und LAVEE 1998). Imeson und Lavee (1998) beschreiben in diesem Zusammenhang, dass beispielsweise in Erosionsmodelle konstante Parameter über Jahre, dann variabel werden, wenn sich der zeitliche Maßstab erhöht. Über einen längeren Zeitraum kommt es zu anderen Schwellenwerten und Diskontinuitäten, die durch die veränderte bzw. vermehrte Interaktion von Vegetation, Boden und Mensch auftreten. Folglich impliziert die Vergrößerung sowohl des räumlichen und zeitlichen Maßstabs das Auftreten anderer Schlüsselprozesse, die die Bodenerosion beeinflussen (IMESON et al. 1995, POESEN et al. 1996). Abbildung 13 zeigt ein generalisierte Schema der temporären und räumlichen Maßstäbe bezieht sich auf einen Hang unter Einfluss eines subhumiden/subariden Klimas (IMESON und LAVEE 1998).

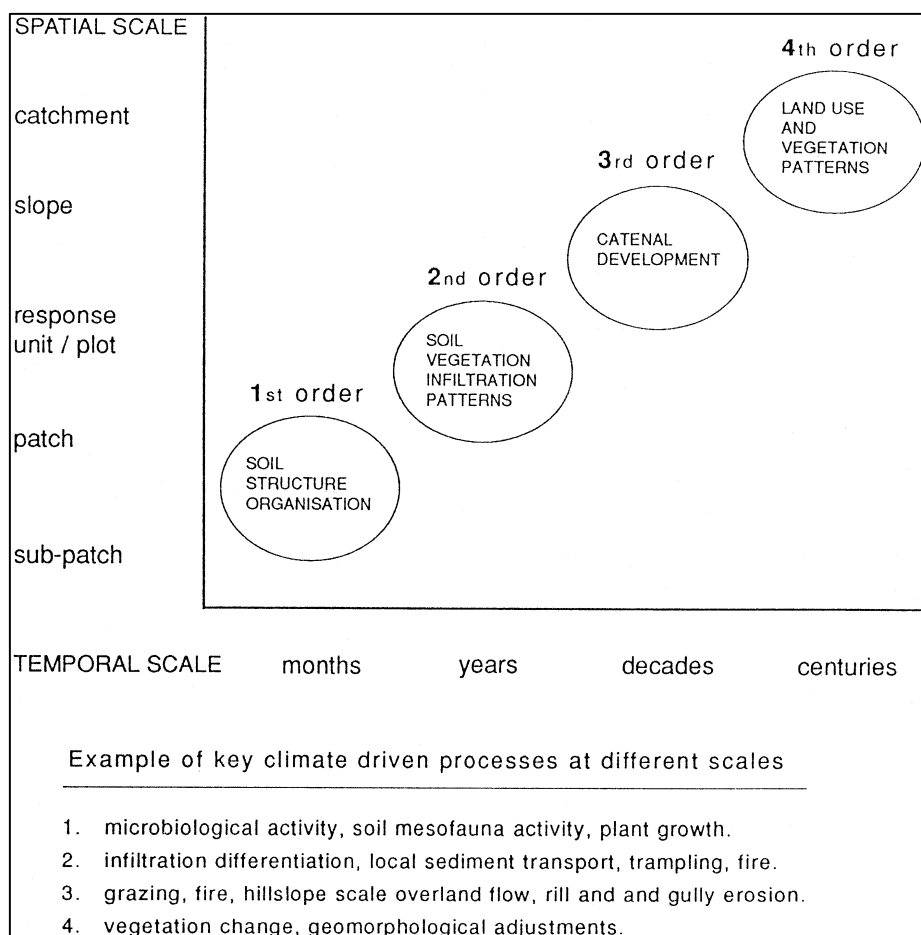


Abbildung 13 Schlüssel-Erosionsprozesse verschiedener räumlichen/zeitlichen Maßstäben (Imeson & Lavee 1998)

2.4.2 Maßstabsrelevanz für Forschungsansätze

Unterschiedliche Maßstäbe bedeuten in der Anwendung von Bodenerosionsmodellen, dass unterschiedliche Prozessgruppen für die Fragestellungen relevant werden (siehe Abbildung 12, 13 vgl. (ROBERTS 1994, POESEN et al. 1996, IMESON und LAVEE 1998, KIRKBY et al. 1998). Dementsprechend ändert sich auch die zentrale Aussagekraft für die jeweiligen verwendeten Modelle. Im Ergebnisteil (Kapitel 4) wird folglich in den Übersichtstabellen (siehe Tabelle 9, 11, 13, 14) auf die jeweilige räumlichen Maßstabs-ebenen verwiesen, um aufzuzeigen, dass eine Vergleichbarkeit der Arbeiten nicht gegeben ist.

3 Methodik der Literaturrecherche

Mit Hilfe einer ausführlichen Literaturrecherche soll der Anspruch erhoben werden, den möglichst aktuellen Forschungsstand zum Thema „Bodenerosion und Globalen Wandel“ abzubilden. Die Suche der entsprechenden Publikationen ist über den Zeitraum der Erstellung der Diplomarbeit beschränkt und spiegelt somit den momentanen Stand der Forschung wieder. Da die Recherche als aufbauender, stetiger Prozess zu verstehen ist, werden Neuerscheinungen laufend in die Analyse mit eingearbeitet (letzte Aktualisierung: 20.04.2012). Die Abbildung 14 zeigt die detaillierten Arbeitsschritte der Literaturrecherche. Die Abfrage findet sowohl in analogen Medien, wie Zeitschriften, Fachmagazinen und digital über wissenschaftliche Zitationsdatenbanken statt.

Um einen Eindruck über das Ausmaß zum Forschungsthema zu bekommen, fand in einem ersten Schritt eine allgemeine Abfrage mit Hilfe der *Internetsuchmaschine Google* statt. Die zentralen Begriffe der Arbeit „*Global Change AND Soil Erosion*“ wurden für die Erstabfrage verwendet. Das Suchergebnis ergab zirka 130.000 Einträge zum Themenkreis im *WorldWideWeb* (letzte Aktualisierung: 30.10.2011, siehe Abbildung 14, Arbeitsschritt 1). Die weitere Recherche erfolgte über die wissenschaftliche Zitationsdatenbank - *www.sciencedirect.com* (letzte Aktualisierung: 23. März 2012). Die erste Abfrage ergab hier ebenfalls eine enorme Anzahl an Einträgen. Folglich beschränkte sich eine neuerliche Abfrage in der zuvor genannten Datenbank auf drei Sachbereiche: die Gebiete „*Agricultural and Biological Sciences*“, „*Earth and Planetary Sciences*“ und „*Environmental Science*“. Die thematische Abfrage wurde weiters auf die Suchfelder - Titel, Kurzbeschreibung und Schlüsselbegriffe - eingegrenzt. Das Ergebnis zeigte deutlich weniger, nämlich 20 wissenschaftliche Publikationen für die Suchbegriffskombination „*Global Change AND Soil Erosion*“ an.

Aufgrund der geringen Trefferanzahl fand eine Erweiterung der Suchbegriffskombinationen zur Publikationsrecherche statt (siehe Tabelle 3 und Abbildung 14, Arbeitsschritt 2). Die Begründung liegt im Erhalt einer breiteren Datengrundlage an wissenschaftlichen Artikeln zur optimalen Bearbeitung der begleitenden Forschungsfragen. Die Kombinationen der Suchbegriffe sind das Ergebnis eines Brainstorming zu den Themenkreisen „Bodenerosion“ und „Globaler Wandel“. Um eine klare Struktur in das Gedankengerüst zu bekommen, fand eine Präzisierung in einer Mind Map statt, um die Komplexität des Themas erfassen zu können. Die Tabelle 3 zeigt die zentralen Suchbegriffe/Suchbegriffskombinationen, die **fett** hinterlegt sind (Abbildung 14, Arbeitsschritt 2).

Die begleitenden bzw. ergänzenden Suchbegriffe dienen als fachliches Abgrenzungskriterium der gesamten Literatursuche. Die ermittelten Begriffe finden zweierlei Anwendung in der Suche. Anfangs fungieren sie als Entscheidungshilfe, die entsprechenden Fachzeitschriften zu eruieren und weiters tragen die Suchbegrifflichkeiten maßgeblich zur eigentlichen Recherche und Selektion der Publikationen bei (siehe Abbildung 14, Arbeitsschritt 4).

Tabelle 3 Zentrale (Fett hervorgehoben)/begleitende Suchbegriffskombinationen (Schritt 2)

"Global" AND "Soil Erosion"
"Global Change" AND "Soil Erosion"
"Global Change" AND "Land Use Change"
"Global Change" and "Land Degradation"
"Global Change" AND "Water Erosion"
"Soil Erosion" AND "Land Use Change"
"Soil Erosion" AND "Land Degradation"
"Soil Erosion" AND "Global Environmental Change"
"Soil Erosion" AND "Environmental Costs"

Der dritte Arbeitsschritt der Literaturrecherche (Abbildung 14, Schritt 3a) bestand in der Festlegung der Zitationsdatenbanken, nachstehend angeführt:

www.sciencedirect.com

www.scopus.com

www.isiknowledge.com

Die Datenbanken dienten als Suchportal zur Selektion der relevanten Fachmagazine, die die Themengebiete des Globalen Wandels und der Bodenerosion behandeln (Abbildung 14, Schritt 3b). Innerhalb der Zitationsdatenbanken wurde in den zuvor selektierten Fachmagazinen nach relevanten Publikationen gesucht. Hierfür erfolgte ebenfalls eine Beschränkung der Abfrage auf die Suchbegriffsfelder „Titel, Kurzfassungen, Schlüsselbegriffe“ (Abbildung 14, Schritt 4).

Der Arbeitsschritt 4 beschreibt den ersten Suchvorgang in der Zitationsdatenbank „ScienceDirect“ und in den zuvor selektierten Fachmagazinen. Dafür kamen als Auswahlkriterien die Suchbegriffkombinationen zum Einsatz (siehe Tabelle 3). Um alle möglichen Publikationen zum Thema ausfindig zu machen, wurde ergänzend eine Suche mit Hilfe der weiteren wissenschaftlichen Datenbanken von „Scopus“ und „Web of Science“ in den definierten Fachmagazinen durchgeführt. Das Augenmerk lag hier in der zusätzlichen Erfassung von Neuerscheinungen und aktuellen Konferenzpublikationen (letzte Aktualisierung 20.04.2012). Einen Überblick zu den allgemeinen Treffern zur Literaturrecherche, die differenziert nach den einzelnen Suchbegriffkombinationen dargestellt werden, befindet sich im Kapitel 4, dem Ergebnisteil der Arbeit (siehe Tabelle 5).

Im Arbeitsschritt 5, der Feinselektion der Literaturselektion wurden die Kurzfassungen der ausgewählten Publikationen gesichtet und auf Brauchbarkeit geprüft (Schritt 5a). Das Kriterium hierfür waren die forschungsleitenden Fragen der vorliegenden Arbeit. Parallel erfolgte dazu nochmals eine automatische Abfrage über die „Zentralen Begriffe“, die letztendlich über eine Verwendbarkeit entscheidend waren (Schritt 5b).

Im Arbeitsschritt 6 (siehe Abbildung 14) fand die eigentliche Zuordnung der ausgewählten Publikationen statt. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass Arbeitsschritt 5, die Selektion, und die Zuordnung zu den Forschungsfragen (Arbeitsschritt 6) ineinander übergehen. Dies erfolgte nach dem Kriterium: Sind die Arbeiten, den formulierten forschungsleitenden Fragen zuordenbar oder nicht zuordenbar?

Dabei konnten einige Artikel sofort ausgeschlossen werden. Sie wurden mit dem Zuweisungsmerkmal **„N wie NEIN“** gekennzeichnet und kamen für die vorliegende Arbeit nicht in Frage.

Der Großteil der selektierten Publikationen wurde in einem ersten Schritt das Merkmal **„U wie UNKLAR“** zugewiesen. In dieser Rubrik erfolgte die Durchsicht anhand der zentralen Begrifflichkeiten und Gliederung in zwei Unterkategorien:

U1: Zuordnung der wissenschaftlichen Arbeiten den forschungsleitenden Fragen möglich;
Fällt in Kategorie **„JA“**

U2: Zuordnung ist nicht möglich, Zuweisung in die Kategorie **„NEIN“**.

Arbeiten, die den Forschungsfragen eindeutig zugeschrieben werden konnten, erhielten das Zuweisungsmerkmal **„JA“ - J1-J3**.

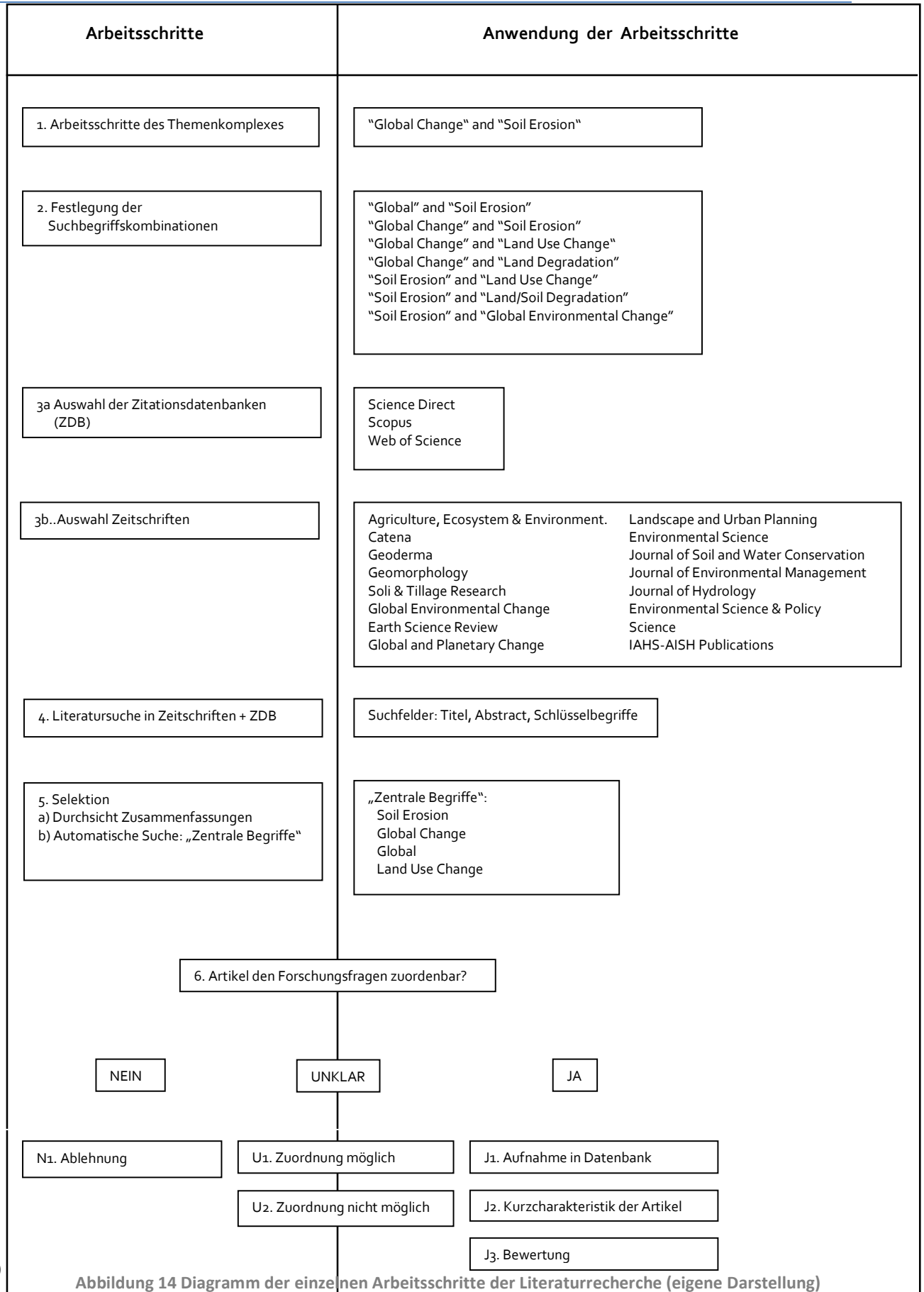
Die Rubrik **„JA“** ist in drei Arbeitsschritte unterteilt:

- (J1) Aufnahme der wissenschaftlichen Arbeiten in die Datenbank
- (J2) Erstellung einer Kurzcharakteristik der jeweiligen Artikel
- (J3) Bewertung der Arbeiten

Abgesehen von der Zuweisung der eindeutig relevanten Publikationen in die Kategorie **„JA“**, wurden die Fachartikel in der Rubrik **„UNKLAR“** im Punkt **U1** bei nochmaliger Durchsicht ebenfalls mit **„JA“** kategorisiert. Gleiches ergab sich bei **U2** mit der entsprechenden Zuweisung in die **„NEIN“** Kategorie (Abbildung 14).

Im anschließenden Kapitel 4 der Präsentation der Ergebnisse wird der Letztstand der Literaturrecherche nach der Bearbeitung der Kategorie **„UNSICHER“** präsentiert und es soll ebenfalls gezeigt werden, wie sich die einzelnen Publikationen auf die im Vorfeld selektierten Fachmagazine verteilen. Hiermit könnten Rückschlüsse auf die Wissenschaftsrichtung gezogen werden, welches Interesse an der Bodenerosionsforschung und dem Zusammenhang mit dem Globalen Wandel haben könnte.

Methodik der Literaturrecherche



4 Ergebnisse

Im vorangegangenen Kapitel wurden zwei essentielle Themenkreise hinsichtlich ihrer Terminologien und Einflussfaktoren bearbeitet. Der Globale Wandel und sein vielschichtiger Einfluss auf das globale Umweltsystem wurden besprochen. Die Problematik der Degradation der Böden durch Wassererosion sind anhand ihrer Einflussfaktoren erläutert worden. Dieser theoretische Hintergrund dient zum besseren Verständnis der folgenden Ergebnispräsentation. Um einen Eindruck zur Brisanz des Umweltproblems zu bekommen, werden die globalen „Hotspots“ der Bodenerosion zuvor besprochen.

Die anschließende Präsentation der Ergebnisse untergliedert sich in zwei Abschnitte. Im ersten Teil werden die ermittelten Details der vorangegangenen Literaturrecherche präsentiert. Das **Ergebnis der Publikationsauswahl** beruht auf den, in der Methodik entwickelten Suchbegriffskombinationen, die zur Ermittlung der relevanten Artikel dienten. Die Fachartikel repräsentieren einen selektiven Ausschnitt des aktuellen thematischen Forschungsstandes zur Bodenerosion und dem Einfluss des Globalen Wandels. Die ermittelten Publikationen sind somit als Momentaufnahme der Recherche zu verstehen (letzte Aktualisierung: 20.04.2012). Ein Ziel der Präsentation der Rechercheergebnisse liegt in der Vorstellung, welche wissenschaftlichen Forschungsrichtungen, sich mit der Thematik des Globalen Wandels und dessen Einfluss auf die Bodenerosion beschäftigen. In diesem Stadium der Recherche geht nicht hervor, inwieweit in den selektierten Publikationen der Einfluss des Globalen Wandel auf die Bodenerosion tatsächlich gegeben ist. Diese Analyse dient allein dazu, den Vorgang der Literaturermittlung vom Grobansatz bis hin zur Feinselektion der einzelnen Publikationen hinsichtlich der Fragestellung zu dokumentieren. Die ermittelten Fachartikel werden als Grundlage für die inhaltliche Auseinandersetzung herangezogen.

Der zweite Abschnitt beschäftigt sich mit der **inhaltlichen Analyse** der forschungsrelevanten Publikationen, die sich konkret mit der Thematik auseinandersetzen. In diesem Zusammenhang muss vorweg genommen werden, dass die publizierten Ergebnisse aus zwei Gesichtspunkten beleuchtet werden. Der Abschnitt 4.3.1 des Kapitels stellt die relevanten Artikel vor, die das Themengebiet des Globalen Wandel und Bodenerosion thematisieren. Der zweite Ansatz beschäftigt sich mit der generellen Darstellung und Bedeutung der globalen Bodenerosionsforschung (Abschnitt 4.3.2).

4.1 Globale Bodenerosion - „Hot-Spots“

Es sind wenig Arbeiten dokumentiert, die sich der Umweltproblematik von Bodendegradation bzw. Bodenerosion kultivierter Flächen beschäftigen (RAMANKUTTY et al. 2006). Die einzige globale Bodendegradationsstudie ist GLASOD - Global Assessment of Human-induced Soil Degradation; Sie fokussiert alle Degradationserscheinungen, sowohl arider wie humider Regionen (OLDEMAN 1994). Laut Oldeman (1994) sind weltweit ca. 2000 Mio. ha von Bodendegradation betroffen, das entspricht etwa 17 % der globalen Landfläche. Beese (2003) und Oldeman (1994) beziffern alleine das globale Ausmaß der durch den Menschen verursachten Wassererosion mit etwa 1094 Mio. ha (siehe Tabelle 4). Davon befinden sich 45 % der degradierten Flächen in humiden Regionen und 44 % in tropischen und subtropischen Gebieten (FAO 1996, BEESE 2003). Von den weltweit 2000 Mio. ha an degradierten Flächen werden 56 % durch Wassererosion beeinträchtigt. Tabelle 4 zeigt die Verteilung von Bodendegradation gesamthaft und den Anteil, der allein auf Wassererosion zurückzuführen ist. Demzufolge kann behauptet werden, dass zu überwiegender Teil auf sämtlichen Kontinenten die Wassererosion für Bodendegradation verantwortlich ist. Beispielsweise waren in den 1990er Jahren nur 8% der Landfläche betroffen, aber allein davon entfielen 67% auf die Degradation durch Wassererosion (OLDEMAN 1994).

Tabelle 4 Globale und Kontinentale Ausdehnung von Bodendegradation - Wassererosion (anthropogen verursacht) in Mio. ha (Oldeman et al 1994)

Kontinent	degradierte Gesamtfläche	%	Wassererosion	
	(Mio. ha)		(Mio. ha)	%
Afrika	494	22	227	46
Nordamerika	158	8	106	67
Südamerika	243	14	123	51
Asien	748	20	440	58
Europa	219	23	115	52
Ozeanien	103	13	83	81
Welt	1964	17	1094	56

Das jeweilige Ausmaß an Bodenerosion einzelner Kontinente beschränkt sich auf ganz spezifische Regionen, die als sogenannte „hot spots“ bezeichnet werden. Innerhalb der einzelnen Regionen kommt es zu signifikanten Unterschieden der potentiellen Erosionsraten, die aus klimatische wie pedologische Differenzierungen ergeben.

Aus klimatischer Perspektive sind semiaride und semihumide Gebiete am stärksten erosionsanfällig. Das betrifft hauptsächlich Länder wie China, Indien, den Westen der USA, den gesamte Mittelmeerraum und Zentralrußland (MORGAN 1999). Dementsprechend werden Regionen wie der Mediterrane Raum bevorzugt für Studien zum Klimawandel, Landnutzungsänderung oder zum Globalen Wandel herangezogen. Jegliche Form an Extremereignisse wirkt sich hier intensiver aus und prägt ganze Landstriche nachhaltig. In solchen Gebieten kommen unterschiedliche Faktoren wie Bodengenese, Speicherfähigkeit der Böden, Topographie oder die generelle sensitive ökologische Empfindlichkeit der einzelnen Region als solches zu tragen. Letzteres beschreibt die Abnahme der Vegetationsdecke, die sich massiv auf die Intensitäten der Erosionsraten auswirkt. Beispielsweise resultieren daraus Erschöpfung und die extreme Degradierung der Böden durch Wasser- oder Winderosion, die unweigerlich zur Desertifikation führen (MORGAN 1999).

Gebirgsregionen wie die Anden, das Karakorum, das Himalaya-Gebiet, die Rocky Mountains oder der Ostafrikanische Graben (MAEDA et al. 2010) weisen grundsätzlich hohe Erosionsraten auf, die durch den anthropogenen Einfluss massiv verstärkt werden (siehe Abbildung 15). Ebenso besteht in großen Landstrichen Chinas ein extrem hohes Erosionsrisiko, das beispielsweise aus intensiver landwirtschaftlicher Nutzung in den Lössgebieten resultiert (vgl. (CAI et al. 2005, YAN et al. 2009)). In den feuchten Tropen hat die Rodung der Regenwälder zur Neugewinnung landwirtschaftlichen Nutzflächen extrem hohen Erosionsraten zugeführt, wie die zum Beispiel im Amazonasgebiet der Fall ist (siehe Abbildung 15 (WALLING und WEBB 1983, MORGAN 1999).

Abbildung 15 zeigt grundsätzlich das Ausmaß und die Intensität, der durch Menschen induzierten Wassererosion. Tobler et al. (1995) haben in diesem Kontext Karten der Intensitäten zur globalen Wassererosion und Bevölkerungsdichte miteinander verschnitten. Das Ergebnis zeigt die risikoanfälligen Regionen weltweit, die farblich nach Schweregrad des Risikos abgestuft sind. Tobler et al. (1995) weist diesem Zusammenhang die Regionen mit höchster Risikointensität in rot aus (siehe Abbildung 15).

Risk of Human Induced Water Erosion

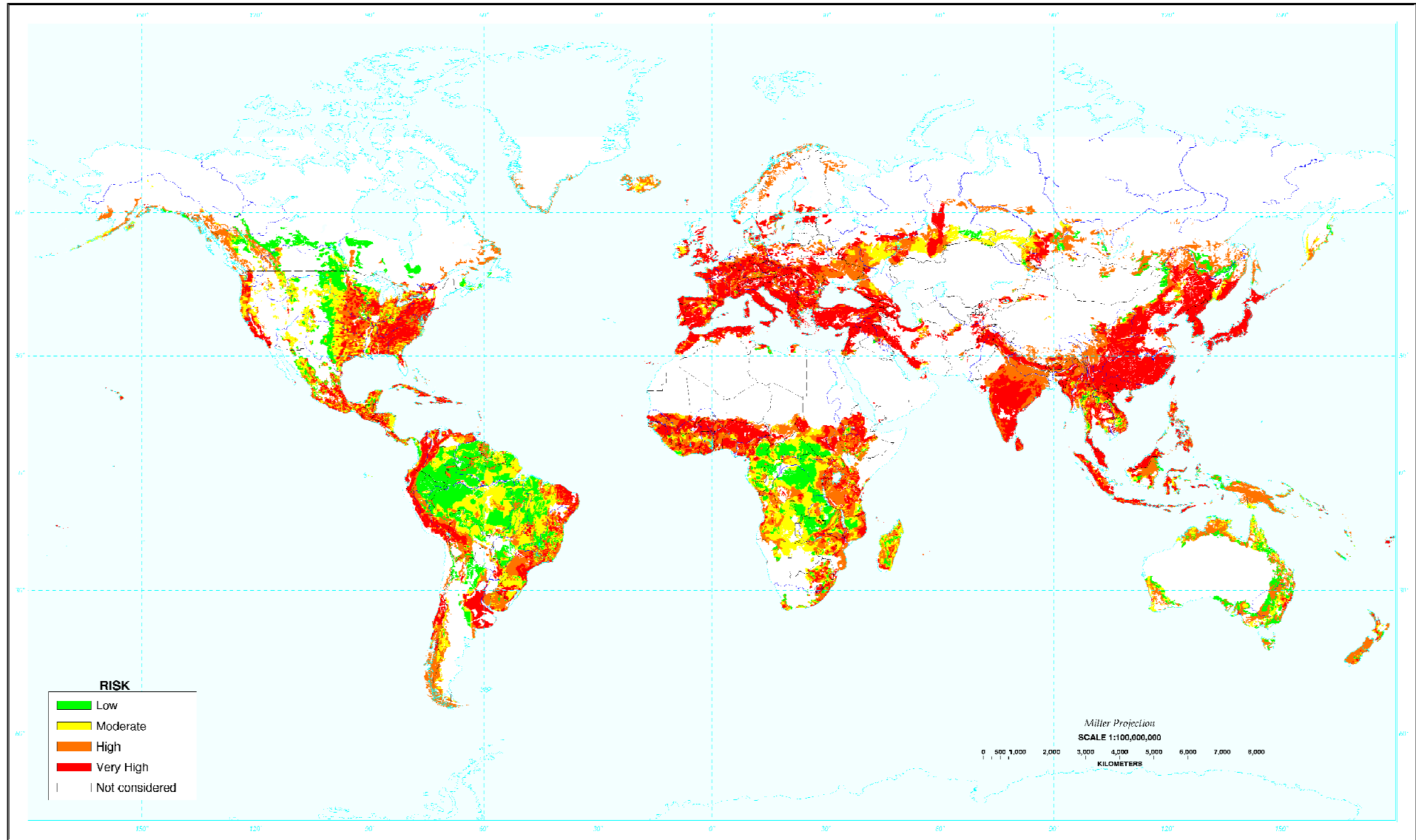


Abbildung 15 Globaler Ausmaß des potentiellen Risikos durch Wassererosion (Tobler et al. 1995)

4.2 Ergebnisse der Literaturrecherche

Im vorangegangenen Kapitel 3, der Literaturrecherche wurde geklärt, welche Suchbegriffskombinationen notwendig waren, um die Publikationsergebnisse zu erhalten, die in den folgenden Abschnitten 4.3.1 und 4.3.2 inhaltlich präsentiert werden. Anhand des detaillierten Ablaufplans der Literaturrecherche (siehe Abbildung 14) werden hier die Ergebnisse von der Grobselektion hin zu den relevanten Publikationen für den inhaltlichen Review vorgestellt. Tabelle 7 zeigt die ersten Suchergebnisse der Grobselektion, dem Arbeitsschritt 4 der Literaturrecherche (siehe Kapitel 3, Abbildung 14). Hierfür wurden, die in der Methodik festgelegten Suchbegriffskombinationen herangezogen (siehe Tabelle 3)

In diesem Stadium der Literaturrecherche lag der Focus im generellen Herantasten an die Thematik. Die ersten Zahlen zeigen die Fülle an Publikationen, die sich anhand der einzelnen Suchbegriffe ergaben (Tabelle 5). In dieser Phase der Selektion konnten noch keine Entscheidungen hinsichtlich der Verwendung bzw. Nichtverwendung der Fachartikel getroffen werden. Die Erstabfrage zeigte Verbindungen und eventuelle Abhängigkeiten zwischen den einzelnen abgefragten Suchbegriffen. Über alle Zitationsdatenbanken zeigen sich ähnliche prozentuelle Anteile an der jeweiligen Treffergesamtheit (siehe Tabelle 5).

Im Vergleich der beiden zentralen Suchbegriffskombinationen „Global“ AND „Soil Erosion“ und „Global Change“ AND „Soil Erosion“ konnte festgestellt werden, dass sich weitaus mehr Publikationen zum Untersuchungsfeld der globalen Bodenerosion finden. Wohingegen die zweiten Abfrage hinsichtlich des Globalen Wandels und der Bodenerosion einen Rückgang der Treffer an möglichen Fachartikeln anzeigte. Tabelle 5 bildet den Recherchevorgang ab, die diejenigen selektierten Arbeiten anführt, die mittels der Suchbegriffe eruiert wurden. Die Publikationen der zentralen Untersuchungsfelder der Arbeit sind in den folgenden Ergebnistabellen grau hinterlegt. Um einen generellen Überblick der Recherche zu erhalten, sind darin weiters alle Suchbegriffskombinationen und deren Treffer angeführt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5 Überblick Suchergebnisse der Literaturrecherche nach Grobselektion

ZDB	Suchfelder	Suchbegriffskombinationen	Treffer	%-Anteil
ScienceDirect	Titel Kurzfassung Schlüsselbegr.	"Global" AND "Soil Erosion"	104	29,8
		"Global Change" AND "Soil Erosion"	13	3,7
		"Global Change" AND "Land Use Change"	45	12,9
		"Global Change" and "Land Degradation"	4	1,1
		"Global Change" AND "Water Erosion"	1	0,3
		"Soil Erosion" AND "Land Use Change"	94	26,9
		"Soil Erosion" AND "Land Degradation"	84	24,1
		"Soil Erosion" AND "Global Environmental Change"	0	0,0
		"Soil Erosion" AND "Environmental Costs"	4	1,1
		TOTAL	349	100,0
SCOPUS	Titel Kurzfassung Schlüsselbegr.	"Global" AND "Soil Erosion"	540	26,6
		"Global Change" AND "Soil Erosion"	51	2,5
		"Global Change" AND "Land Use Change"	324	15,9
		"Global Change" and "Land Degradation"	29	1,4
		"Global Change" AND "Water Erosion"	5	0,2
		"Soil Erosion" AND "Land Use Change"	495	24,4
		"Soil Erosion" AND "Land Degradation"	566	27,9
		"Soil Erosion" AND "Global Environmental Change"	9	0,4
		"Soil Erosion" AND "Environmental Costs"	13	0,6
		TOTAL	2032	100,0
Web of Science	Titel Überschrift	"Global" AND "Soil Erosion"	43	20,8
		"Global Change" AND "Soil Erosion"	6	2,9
		"Global Change" AND "Land Use Change"	25	12,1
		"Global Change" and "Land Degradation"	2	1,0
		"Global Change" AND "Water Erosion"	2	1,0
		"Soil Erosion" AND "Land Use Change"	52	25,1
		"Soil Erosion" AND "Land Degradation"	76	36,7
		"Soil Erosion" AND "Global Environmental Change"	0	0,0
		"Soil Erosion" AND "Environmental Costs"	1	0,5
		TOTAL	207	100,0

Die ermittelten Publikationen der Grobauswahl wurden in einem weiteren Schritt einer gezielteren Selektion mit Hilfe der zentralen Begriffe (Abgrenzungskriterien) unterzogen (Abbildung 14, Arbeitsschritt 5 – 6). Tabelle 6 bildet die ersten Ergebnisse der Literaturrecherche ab, die bereits in die Kategorien (JA, NEIN, UNSICHER) zugewiesen werden konnten. Die Abfrage erfolgte über alle relevanten Suchbegriffskombinationen. Die eruierten Ergebnisse an möglichen Publikationen dienen als erste Orientierung zum aktuellen Forschungsstand. Die Ermittlung resultiert aus der

Verschneidung der Arbeitsschritte 5 und 6 der Literaturrecherche, der Selektion einerseits und Zuordnung zu den jeweiligen Forschungsfragen andererseits (siehe Abbildung 14).

Anhand der einzelnen Treffer wird ersichtlich, in wie weit Publikationen für die jeweiligen Untersuchungsfelder vorhanden sind. Die zuvor angesprochene Erstabfrage ergab für die zentralen Suchbegriffe „Global Change“ AND „Soil Erosion“ **39** Artikel, die eindeutig der Kategorie „JA“ zugeordnet werden konnten (siehe Tabelle 6). In diesem Stadium der Literaturrecherche entfielen 18 Publikationen auf die Kategorie „UNSIKER“. Das bedeutet, diese Fachartikel sind nicht eindeutig den Forschungsfragen zuordenbar. Bei der Suchabfrage der Begriffe „Global“ AND „Soil Erosion“ entfielen **55 Treffer** auf die Kategorie „JA“ und ähnlich viele Publikationen (42 Treffer) auf die Kategorie „UNSIKER“.

Tabelle 6 Erstabfrage mittels Suchbegriffskombinationen: Differenzierung nach Relevanz (ja/nein/unsicher)

Suchbegriffskombinationen	ja	nein	unsicher
„Global Change“ AND „Soil Erosion“	39	13	18
„Global Change“ AND „Land Degradation“	4	2	2
„Global Change“ AND „Land use change“	9	9	4
„Global“ AND „Soil Erosion“	55	25	42
„Soil Erosion“ AND „Land Use Change“	22	15	16
„Soil Erosion“ AND „Land Degradation“	35	16	16
„Soil erosion“ AND „Global Environmental Change“	2	2	2
„Global Change“ AND „Watererosion“	3	0	0
„Environmental Costs „ AND „Soil Erosion“	4	2	2
Gesamt	173	84	102

Um das endgültige Ergebnis der Literaturrecherche zu ermitteln, fanden zwei abschließende Arbeiten statt (siehe Abbildung 14, Arbeitsschritt 6). Die Publikationen der Kategorie „UNSIKER“ wurden nochmals anhand der Auswahlkriterien (zentrale Begriffe) begutachtet und bewertet, ob eine klare Zuweisung in die Kategorie „JA“ oder „NEIN“ möglich ist. In einem zweiten Schritt wurden die jeweiligen Kurzfassungen der selektierten Arbeiten als finales Entscheidungskriterium herangezogen, um eine eindeutige Zuordnung für die Leitfragen der vorliegenden Arbeit zu ermitteln.

Tabelle 7 repräsentiert das Endergebnis der methodischen Herangehensweise der Literaturrecherche anhand der vordefinierten Kriterien. Diese Publikationen bilden die Grundlage für die inhaltliche Bearbeitung. Es wurden ausschließlich die Suchbegriffkombinationen mit einbezogen, die eindeutig in Zusammenhang mit dem Thema standen.

Auf die Begriffsabfragen im Zusammenhang mit dem Globalen Wandel entfielen vorerst 32 Publikationen, 30 Arbeiten konnten im Rahmen der „globalen Bodenerosionsproblematik“ ermittelt werden. Diese Publikationen konnten direkt in die Literaturdatenbank aufgenommen werden.

Die Ergebnisse der einzelnen Kategorien (ja/nein/unsicher) haben sich gegenüber der Tabelle 6 insofern verändert, dass durch die abschließende Auswahl sich die möglichen Publikationen der Kategorie „*UNSICHER*“ auf die Kategorie „*NEIN*“ umverteilt worden. Um diese Fachartikel eindeutig zu den Forschungsfragen zuzuordnen zu können, wurden sie dem Ausschlussverfahren nochmals unterzogen. Die thematische Relevanz der Publikationen ist Gegenstand der inhaltlichen Analyse (Kapitel 4.3.1, 4.3.2). Die endgültige Anzahl der forschungsrelevanten Arbeiten der beiden Hauptuntersuchungsfelder können der Tabelle 7 entnommen werden. Sie erfüllen die in der Literaturrecherche festgelegten Such- bzw. Auswahlkriterien, die für die inhaltliche Bearbeitung herangezogen wurden.

Tabelle 7 Recherche Endergebnis der forschungsrelevanten Publikationen

Suchbegriffskombinationen	ja	nein
„Global Change“ AND „Soil Erosion“	22	49
„Global“ AND „Soil Erosion“	14	108
Gesamt	36	157

Als ergänzende Nebenanalyse wurden die selektierten Publikationen, die den Themenkreis „Globaler Wandel und Bodenerosion“ behandeln, den wissenschaftlichen Fachmagazinen zugeordnet. In diesem Zusammenhang wurden alle Suchbegriffskombinationen herangezogen, die das Suchkriterium „Global Change“ vorrangig thematisieren:

- “Global Change“ AND “Soil Erosion“
- “Global Change“ AND “Land Degradation“
- “Global Change“ AND “Land Use Change“
- “Global Change“ AND “Watererosion“

Das Ergebnis der Abfrage in absoluten Zahlen zeigt, welche wissenschaftlichen Fachmagazine sich mit der Bodenerosionsproblematik im Kontext des Globalen Wandel auseinandersetzen (siehe Abbildung 16).

Daraus kann abgeleitet werden, dass aufgrund der einschlägigen Fachzeitschriften sich vornehmlich die Wissenschaften der Bodenkunde, der Agrarwissenschaften, der Geomorphologie, der Geologie, der Hydrologie einen stark thematischen Fokus in diesem Forschungsbereich haben.

Die wichtigsten Recherchemedien für die vorliegende Arbeit waren überwiegend die Fachzeitschriften:

Catena
Global Environmental Change
Geomorphology.

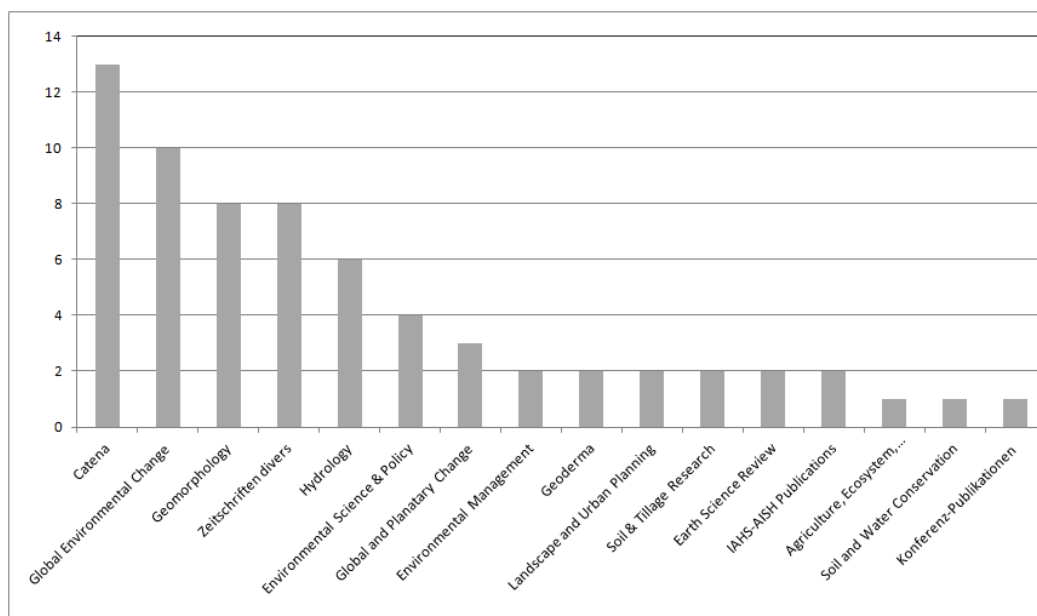


Abbildung 16 Verteilung der Publikationen nach Fachzeitschriften (eigene Darstellung)

4.3 Überblick zum publizierten Forschungsstand

Die Rechercheergebnisse werden anhand zweier Themenkreise bearbeitet und vorgestellt. Das Kapitel 4.3.1 thematisiert den Einfluss des Globalen Wandel auf die Bodenerosion. Im anschließenden Kapitel 4.3.2 werden die relevanten Publikationen im Kontext der globalen Bodenerosionsforschung präsentiert. Die Übersicht zu den einzelnen Arbeiten beinhaltet eine stichwortartige thematische Zusammenfassung und eine Rubrik weist auf das jeweilige Fachmagazin hin, in dem die Fachartikel publiziert wurde (siehe Tabelle 10). Eine Rubrik Daten vs. Modelle zeigt den jeweiligen Methodenansatz, die in den publizierten Arbeiten vorgefunden wurden. In diesem Kontext fand für eine transparente inhaltliche Darstellung eine Trennung von

empirisch erfassten und modellierten Daten statt. Für die Möglichkeiten an Daten sind hier beispielsweise Satellitendaten, GIS-gestützten oder statistischen Daten zu nennen, gleichfalls Daten rein empirischer Erosionsmodellen wie USLE beispielsweise (WISCHMEIER & SMITH 1978).

In die Kategorie Modelle entfallen die Studien, in denen Erosionsmodelle neu entwickelt, konzipiert oder adaptiert wurden. In diesem Kontext sind hier EUROSEM, PESERA anzuführen (vgl. (FOLLY et al. 1999, KIRKBY et al. 2004, CAI et al. 2005)). Zur Interpretation der nachstehenden Ergebnistabellen (9, 11, 13, 14) ist es ebenso notwendig, sowohl die angeführten Zeitschriften, wie die unterschiedlichen Maßstabsebenen der Publikationen mit Abkürzungen zu belegen (siehe Tabelle 8 a/b).

Tabelle 8a/b Akronyme für Zeitschriften und diverse Maßstäbe

Abkürzungen	Titel der Zeitschrift		
AEE	Agriculture, Ecosystem & Environments		
CAT	Catena		
ESL	Earth Surface and Landforms		
ESPO	Environmental Science and Policy		
ESR	Earth Science Review		
GEC	Global and Environmental Change		
GPC	Global and Planetary Change		
GEOD	Geoderma		
GEOM	Geomorphology		
GPRL	Geophysical Research Letters		
HYPR	Hydrological Processes		
IAHS	Hydrological Science Journal		
JEMA	Journal of Environmental Management		
JOH	Journal of Hydrology		
LDD	Land Degradation & Development		
SOTI	Soil & Tillage Research		
SOWACO	Soil and Water Conservation		

Akronym	Maßstab
P	Plot
C	Einzugsgebiet
L	lokal
R	regional
N	national
G	global

Neben der Vorstellung des aktuellen Forschungsstands werden die Publikationen anhand ihres wissenschaftlichen Forschungsdesign und ihrer Methodik zusammengefasst. Im Anschluss werden die Arbeiten, die den Themenkreis „Global Change“ und „Soli Erosion“ inhaltlich behandeln, präsentiert. Infolge der differenten Ansätze der eruierten Arbeiten erscheint es sinnvoll, diese strukturell in Subkapitel zu unterteilen, um deren Schwerpunktlegung optimal zu transportieren. Zuerst werden die Arbeiten vorgestellt, in denen eindeutig ein Zusammenhang bzw. der Einfluss des Globalen Wandels auf die Bodenerosion behandeln wird.

Die Arbeiten, die spezifisch die Landnutzungsänderung vorrangig vor der übergeordneten Fragestellung des Globalen Wandels bearbeiten, befinden sich im darauf folgenden Abschnitt. Ebenso verhält es sich mit den Publikationen, deren Fokus auf den sozioökonomischen Wandel liegt. Folgedessen kann es zu thematischen Überschneidungen kommen. Trotzdem ist es sinnvoll eine strukturelle Trennung vorzunehmen, um die Publikationen thematisch hervorzuheben.

Arbeiten, deren Fokus alleinig beim Einfluss des Klimawandels auf die Bodenerosion liegt, werden aus Präsentation ausgeschlossen. Aufgrund der vordefinierten Abgrenzungskriterien (Zentralen Suchbegriffe) der Recherche konnten diese Arbeiten in die Analyse nicht mit einbezogen werden (siehe Tabelle 3). Da diese Publikationen erst in der Endselektion der Recherche ausgeschieden wurden, werden diese zur Vervollständigung angeführt, sind aber nicht ergebnisrelevant für die konkrete Fragestellung der Arbeit (siehe Kapitel 4.4).

4.3.1 Globaler Wandel und Bodenerosion

Globaler Wandel

Die Publikationen, die sich ausschließlich mit der Thematik des „Globalen Wandels und Bodenerosion“ beschäftigen, werden in der Übersicht anhand ihrer relevanten Eckdaten zusammengefasst dargestellt (siehe Tabelle 9). Generell ist eine Vergleichbarkeit der Studien über alle Themengebiete nicht möglich, da die Forschungsansätze zu unterschiedlich sind. Der aktuelle Publikationsstand zum Themenkreis „Globaler Wandel und Bodenerosion“ umfasst demnach 11 Arbeiten, die restlichen Arbeiten verteilen sich auf die Themen Landnutzungsänderung und sozioökonomischer Wandel (siehe Tabelle 9, 11, 13).

Die meisten Publikationen wurden in den Fachzeitschriften *„Journal of Soil and Water Conservation“* und *Catania* eruiert. Der Großteil der Publikationen wurde Mitte bis Ende der 1990er Jahre veröffentlicht. Die Gründung des wissenschaftlichen Bodenerosionsnetzwerks „Global Change in Terrestrial Ecosystems (GCTE) Soil Erosion Network“ (1999) fällt genau in diesen Zeitraum (VALENTIN 1998, GCTE 1999).

Des Weiteren kann der Tabelle 9 entnommen werden, dass der überwiegende Teil der Arbeiten auf modellierten Daten basiert. In der Rubrik „Maßstab“ zeigt sich, dass der Großteil der vorgefundenen Studien auf mikro- und mesoskaligen Maßstäben operiert. Einzig Poesen et al. (1996), Ito (2007) und Favis-Mortlock et al. (1996) arbeiten auf globalen, megaskaligen Maßstab.

Tabelle 9 Übersicht Publikationen, mit Focus "Globaler Wandel und Bodenerosion"

Autor	Jahr	Zeitschrift	Daten	Modelle	Globaler Wandel	Maßstab	Thema
De Vente J et al	2008	GPC		x	x	R	- Vergleich dreier Bodenerosionsmodelle im mediterranen Raum (WATEM-SEDEM, PESERA, SPADS) - Focus: Nachfrage bzgl. Quantifizierung von B.E.raten und Einfluss des Globalen Wandels auf Erosion
Favis-Mortlock DT et al	1996	SOWACO		x	x	P/C/R/G	- Evaluierung der GCTE-validierter Bodenerosionsmodellen für Studien zum Globalen Wandel (Basis: Feld-Maßstab) - Focus: Experimentelles Design zur Validierung/Anwendung
Favis-Mortlock DT & Guerra AJT	1999	CAT		x	x	P/C	- GCTE validierte Erosionsmodelle zur Modellierung von Erosionsprozessen unter zukünftigen Bedingungen des Globalen Wandels - Focus: Quantifizierung der Änderungen von Erosionsraten, Risikoverlagerung der momentanen Hotspots
Field JP et al	2011	SOWACO		x	x	P	- Ratio von Wind/Wasser gesteuerten Sedimenttransport - Focus: Bodenerhaltung auch bei "global-change" Extremevents
Ito A	2007	GPRL		x	x	R/G	- Modellierung von Auswirkungen des Globalen Wandels mit Hilfe differenter Szenarien des Klima- und Landnutzungswandels - Focus: Verlagerung des Bodenkohlenstoff - Auslöser: Wassererosion Bodenkonservierungsmaßnahmen
Jetten V et al	1999	CAT		x	x	P/C	- GCTE-Evaluierung von Erosionsmodellen (Maßstab: Feld/EZG) - Focus: Nutzung der Modelle für die Abschätzung von Bodenerosion für Studien zum Globalen Wandel
Kirkby MJ et al	1998	GEOM		x	x	P/C/R	- MEDALUS-Projekt: Implementierung von Bodenerosionsmodellen für Globalen Wandel - Focus: Langzeitbeobachtung/Anwendbarkeit für Vorhersage bzgl. Bodendegradation; Mikrotopographie, größere EZG
Knapen A et al	2007	ESR		x		P	- Review: Bodenresistenz gegenüber Oberflächenabfluss Messung vs. Kalibrierung div. Prozessbasierter Modelle - Focus: räumliche/zeitliche Variabilität; Anforderungen für Studien zum Globalem Wandel
Poesen JW et al	1996	SOWACO	x	x	x	P/C/R/G	- Review: Monitoring/Experimentelle Arbeit von Wassererosionsproz. - Focus: Anwendbarkeit von verschiedenen Maßstäben für Studien zum Globalen Wandel
Williams J et al	1996	SOWACO		x	x	P/C	- Vorstellung von Bodenerosionsmodellen für Studien zum Globalem Wandel (EPIC, WEPP) - Focus: Anwendbarkeit
Yang D et al	2003	HYPR		x	x	G	- Globales Potential der gegenwärtigen Bodenerosion - Focus: Analyse vergangener, künftiger Entwicklungen von Erosion in Bezug auf Globalen Wandel in Landnutzung und Klima

Es sind trotzdem Gruppen zu erkennen, ein Teil der Forschungsarbeiten beschäftigt sich mit der Fragestellung, wie bestehende Methoden, Modelle der Bodenerosion adaptiert, validiert bzw. evaluiert werden können, um für Studien zum Globalen Wandel anwendbar zu sein (Tabelle 9).

Andere Publikationen beinhalten rein empirische Forschungsansätze, die unterschiedlichen Ausgangsfragestellungen bearbeiten (siehe Tabelle 9). Neben den empirisch angelegten Arbeiten können bei den Literaturarbeiten zwischen Vergleichen und Reviews unterschieden werden. Die eruierten Arbeiten sind anhand ihrer jeweiligen Forschungsdesign und Methode gegliedert und in der Tabelle 10 zusammengefasst worden.

Tabelle 10 Überblick der Forschungsmethoden der eruierten Arbeiten

Empirische Arbeiten		Literaturarbeiten	
quantitativ	qualitativ Evaluierungen/Validierungen	Vergleiche	Reviews
Favis-Mortlock & Guerra (1999)	Favis-Mortlock et al. (1996) Jetten et al. (1999)	De Vente et al. (2008)	Knapen et al. (2007) Poesen et al. (1996) Williams et al. (1996)
Field et al. (2011)			
Ito (2007)			
Kirkby et al. (1998)			
Yang et al. (2003)			

Landnutzungsänderung

Aus den 22 Publikationen, die aus dem übergeordneten Themengebiet „Globaler Wandel und Bodenerosion“ stammen, werden nach der Splittung neun Publikationen thematisch dem Unterkapitel „Landnutzungsänderung“ zugeordnet (siehe Tabelle 11). Diese Arbeiten unterscheiden sich angesichts des Forschungshintergrunds eindeutig von den Publikationen aus der Übersichtstabelle 9, deren Focus eindeutig auf Arbeiten des Globalen Wandels und der Bodenerosion beruht (vgl. Kapitel 4.3). Die eruierten Publikationen stammen ebenso aus der Recherche der Suchbegriffskombination „*Global Change AND Soil Erosion*“. Details zur Tabellengestaltung sind im Kapitel 4.3 beschrieben, die Akronyme können aus der Tabelle 8ab entnommen werden.

Tabelle 11 Übersicht Publikationen mit Focus "Bodenerosion und Landnutzungsänderung"

Autor	Jahr	Zeitschrift	Daten	Modelle	Globaler Wandel	Maßstab	Thema
Boardman J et al	2009	JEMA	x	x	x	R	- Bodenerosion und Risikobewertung (Defra-Scheme) West Sussex - England - Focus: off/onsite Effekte durch Bodenverlust
Cai QG et al	2005	CAT		x		P/C	- EUROSEM-Modell: Tool zur Risikoabschätzung? - 3-Schluchten Region - China - Focus: Differenzierung der jeweiligen Landnutzung, Modellevaluierung
Garzia-Ruiz JM et al	2008	JOH	x			C	- Vergleich dreier unterschiedl. EZG - Einfluss durch Landnutzungsänderung - Focus: Flutsimulation bzw. Sedimenttransport unter konstanten Klimabedingungen
Keys W & Mc Connell WJ	2005	GEC	x		x	P/C/R/G	- Verständnis des lokalen Umweltwandels; Auswirkungen auf regionale/globale Muster in Bezug auf Landnutzungsänderungen - Tropen - Focus: Verlinkung von lokalen/regionalen Maßstab
Maeda EE et al	2010	GEOM		x	x		- Einfluss der Landnutzung-/Klimawandel auf Bodenerosion - Kenia - Focus: Bewertung der Risiken; Implementierung in Modelle
Märker M et al	2008	GEOM		x	x	C	- Bewertung von Landdegradation - Bsp. Toskana, Italien - Focus: Mediterraner Raum, Hotspot, Intensivierung der Degradationsprozesse; Einfluss von Landnutzungsänderung auf Bodenerosion - Suszeptibilität (historisch vs. rezent)
Vanacker V et al	2003	CAT	x		x	C	- Auswirkungen der Umweltveränderung auf Intensität und räumliches Muster von Bodenerosion - Focus: Landnutzungsänderung/Klima/sozioökonomische Faktoren
Van Rompaey et al	2001	AEE	x			R	- Einfluss d. Landnutzungspolitik auf Bodenerosionsrisiko - Belgien - Focus: Vergleich Flächenstilllegung vs. Landnutzung, regionale Auswirkungen
Yan H et al	2009	GPC	x	x		N	- Landnutzungsänderung am Beispiel Chinas - Focus: Folgenbeurteilung auf nationalem Maßstab

Thematisch können aller eruierten Publikationen eindeutig der Einflussnahme des Landnutzungswandels auf die Bodenerosion zugeordnet werden, als Teilaspekt des übergeordneten Phänomen des Globalen Wandels (vgl. Tabelle 9, 11). Die Fragestellungen der Forschungsarbeiten decken ein Spektrum von Risikobewertungen über die Modellierungen zur Abschätzungen von Bodenerosionsprozessen, die infolge von Landnutzungsänderungen hervorgerufen werden, ab (siehe Abbildung 11). Arbeiten von Boardman et al. (2009), Märker et al. (2008) und Maeda et al. (2010) beschäftigen sich mit Risikobewertungen und Cai (2005) arbeitete beispielsweise mit einem neuen Modell zur Risikoabschätzung von Landnutzungsänderungen. Van Rompaey et al. (2001) beleuchten wiederum landespolitische Raumplanungskonzepte und dem möglichen Einfluss auf Landnutzungsänderung.

Tabelle 12 Überblick der Forschungsmethoden der eruierten Arbeiten

Empirische Arbeiten		Literaturarbeiten
quantitativ	qualitativ Evaluierungen/Validierungen	Reviews
Boardman et al. (2009)	Cai et al. (2005)	Keys & McConnell (2005)
Garcia-Ruiz et al. (2008)		
Maeda et al. (2010)		
Märker et al. (2008)		
Vanacker et al. (2003)		
Van Rompaey et al. (2001)		
Yan (2009)		

Tabelle 12 zeigt die verschiedenen Forschungsdesigns der jeweiligen Arbeiten, deren Schwerpunkt auf empirischen Forschungsarbeiten liegt. Generell sind die vorgefundenen Arbeiten, mit Schwerpunkt auf Landnutzungsänderung, sehr heterogen über die verwendeten wissenschaftlichen Fachmagazine verteilt. In den bodenkundlichen Zeitschriften *Catena* und *Geoderma* konnten jeweils zwei Fachartikel ermittelt werden, die anderen Artikel können nicht eindeutig einer Wissenschaftsdisziplin zugeordnet werden. Die Erscheinungsjahre der Artikel liegen meist zwischen 2001 und 2010, womit die Publikationen aktueller als die eruierten Arbeiten des Themenkreises Globalen Wandel und der Bodenerosion sind (siehe Tabelle 9). Aus der Rubrik „Globaler Wandel“ ist ersichtlich, dass nicht alle ermittelten Arbeiten dem übergeordneten thematischen Ansatz des Globalen Wandels eindeutig zugeordnet werden konnten (siehe Tabelle 11).

Die Tendenz der jeweiligen Datengrundlage zeigt kein eindeutiges Bild. Es werden sowohl vorhandene Daten und Modelle als auch neue Modellansätze verwendet. Bei der Maßstabzuordnung der Arbeiten kann festgehalten werden, dass der Großteil der Arbeiten auf einem mesoskaligen Maßstab, beispielsweise einem Einzugsgebiet operiert. Arbeiten von Boardman et al. (2009), Keys und McConnell (2005), Van Rompaey et al. (2001) bearbeiten Fragestellungen auf einer regionalen, Yan et al. (2009) auf einer nationalen Maßstabsebene. Beide Maßstäbe können als Makroebene bezeichnet werden (siehe Abbildung 11, 12).

Sozio-ökonomischer Wandel

Bei der Selektion der eruierten Arbeiten zum Themengebiet „Globaler Wandel und Bodenerosion“ konnten zwei Publikationen nicht eindeutig zugeordnet werden. Der Focus liegt bei beiden auf dem Globalen Wandel. Sie unterscheiden sich aber wesentlich in der Fragestellung von den anderen Forschungsarbeiten (siehe Tabelle 9 und 11).

Aus diesem Grund sind die Arbeiten von Boardman et al. (2003) und Zhang et al. (2004) der Subkapitels des sozio-ökonomischen Wandels zugewiesen worden. Beide Arbeiten beschäftigen sich mit den Auswirkungen bzw. Abhängigkeiten von sozio-ökonomischen Faktoren auf die Ressource Boden (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13 Übersicht Publikationen Focus "Sozioökonomischer Wandel und Bodenerosion"

Autor	Jahr	Zeitschrift	Daten	Modelle	Globaler Wandel	Thema
Boardman J et al	2003	ESPO	x		x	- Bodenverlust/Bodenerosion/Konservierung in Europa - Focus: Einfluss bzw. Abhängigkeit durch sozio-ökonomische Faktoren
Zhang QJ et al	2004	AEE	x		x	Sozio-ökonomische Druck Treiber von Landnutzungsänderung - Lössgebiet Chinas (hügeliges EZG, semiarides Klima) Störungen durch irrationale Entscheidungen, Wissensmangel Focus: Befragung Landbevölkerung, komplexe Rolle der Sozial/ Wirtschaftspolitik

4.3.2 „Globaler Ansatz“ der Bodenerosionsforschung

Im Kapitel 4.4 sind die Ergebnisse präsentiert, die im Zuge der Recherche zum „Globalen Ansatz“ zur Bodenerosionsforschung ermittelt wurden. Hierfür sind die Suchbegriffskombinationen „Global“ AND „Soil Erosion“ herangezogen worden. Bei der Selektion konnten anfänglich 30 relevante Arbeiten eruiert werden, die nach der inhaltlichen Analyse sich auf 14 Arbeiten reduzierten. Wie im Kapitel 4.3.1 bereits erwähnt, setzt sich die Übersichtstabelle 14 aus der thematischen Kurzbeschreibung, der Zuordnung der einzelnen Fachmagazine, dem Erscheinungsjahr und dem jeweiligen Forschungsmethode (Daten vs. Modelle) zusammen. Um den jeweiligen Forschungsstandort herauszuarbeiten, sind die Arbeiten den angeführten Kontinenten zugeordnet worden. Aus diesem Kontext ist ersichtlich, wie sich die einzelnen Publikationen über die Erde verteilen.

Der Großteil der insgesamt vierzehn Arbeiten entfallen auf Afrika, als Musterbeispiel der Extreme, sowohl der physischen wie sozio-ökonomischen Umwelten. Gefolgt von den Forschungsarbeiten Asiens, mit ähnlichen einflussnehmenden Phänomenen und Europa, als Beispiel für intensive heutige wie historische landwirtschaftliche Übernutzung der Böden und deren möglichen Auswirkungen. Alle Fachartikel, die den jeweiligen Kontinenten zugeordnet sind, konnten in die Analyse mit einfließen, da sie aufgrund des zentralen Abgrenzungskriteriums Suchbegriffes „Global“ ausgewählt wurden.

Tabelle 14 Übersicht Publikationen "Globaler Ansatz" der Bodenerosionsforschung

Autor	Jahr	Zeitschrift	Daten	Modelle	Thema
Afrika					
Angima SD et al	2003	AEE		x	- Bodenerosion-Vorhersage (RUSLE-Modell) für tropisches ostafrikanisches Hochland - Focus: Nachweis der Schwere; Evaluierung der Daten; Anregung für Interventionsstrategien
Bewket W & Sterk G	2003	AEE	x		- Einschätzung zu Bodenerosion im Hochland Äthiopiens - Focus: kultivierten Flächen; Methodenentwicklung Vermeidung von Rillenerosion
Claessens L et al	2008	IAHS	x		- Darstellung der potentiellen Bodenerosion mit USLE für Ostafrika - Focus: Hervorhebung der Krisengebiete zur Implementierung von Schutzstrategien
Warren A et al	2001	GEC			- Review: Bodenerosion im Westafrikanischen Sahel - Focus: Anwendung einer "lokalen ökologische Politik"
Warren A et al	2003	GEOD	x		- Beobachtung der lokalen Bevölkerung zur Bodenerosion - Südwesten Niger - Sahel - Focus: Implementierung von Schutzstrategien benötigt mehr Rahmenbedingungen für Debatten Forschungsgruppe/Staat/Farmer
Asien					
Douglas I	2006	GPRL			- Degradation der Böden Südostasiens - Focus: Selektion der lokalen Verursacher
Park S et al	2011	JOH	x		- Bodenerosionsrisiko am Beispiel Koreas mit RUSLE - Focus: Argumentationsgrundlage für urbane Stadtentwicklungskonzepte
Wei J et al	2006	CAT	x		- Entkopplung: Prozess der Bodenerosion von menschlichen Aktivität (China - Lössplateau) - Focus: Entkopplung nach OECD ("environmental bads" vs. "economic goods"); Reduktion im 20. Jhd.
Nord/Südamerika					
Nyakatawa EZ et al	2007	SOTI		x	- Langzeitstudie mit Hilfe (RUSLE-Moelle) zur konservierende Bodenbearbeitung (Hühnermist); Alabama - USA - Focus: Reduktion von Bodenerosion auf Baumwollfeldern; Erhöhung der Produktivität
Europa					
Cerdan O et al	2010	GEOM	x		- Räumliche/Zeitliche Variabilität von Erosionsraten (Plot-Maßstab) - Europa - Focus: Hotspots-Präsentation auf größerem Maßstab (Kontinent); Einbindung von CORINE (Landnutzungsdaten)
De la Rosa D et al	2000	AEE		x	- Bewertung der Vulnerabilität der Bodenerosion - Westeuropa (Modell: ImpelERO) - Focus: Potentieller Einfluss auf Bodenproduktivität durch Verlust an Bodentiefe
Terranova O et al	2009	GEOM	x	x	- Erstellung/Präsentation von Risikoszenarien der Bodenerosion mit RUSLE/GIS für Kalabrien - Italien - Focus: Mediterraner Maßstab, Evaluierungsinstrument für Raumplanung-Behörden
allgemein					
Batjes NH	1996	LDD		x	- Darstellung der globalen Vulnerabilität durch Wassererosion (GLASOD-Kartierung vs. Modellierung) - Focus: Qualitätsanspruch auf globalen Maßstab
Boardman J	2006	CAT			- Generelles Review zu Bodenerosionsforschung - Focus: Limitierung des aktuellen Forschungsansatzes; GLASOD - dringende Aktualisierungsbedarf

4.4 Unsicherheiten

Interpretation theoretischer Hintergründe

Meyer und Turner II (1995) finden, dass streng betrachtet Änderungen nicht zwingend als global zu bezeichnen sind. Ihrer Ansicht nach müssen globale Umweltänderungen nicht überall auf der Erde gleichförmig auftreten. In einem erweiterten Zusammenhang, sind alle Veränderungen wieder als global zu bezeichnen, denn sie sind durch physische wie soziale Prozesse gleichermaßen miteinander verbunden (MEYER und TURNER II 1995). Im Diskurs um „global oder nicht global“ mischt sich abermals die Problematik der korrekten Auffassung der Terminologie hinsichtlich des Globalen Wandels. In vielen Arbeiten wird der Globale Wandel am Klimawandel, globalen Umweltänderungen oder der Landnutzungsänderungen festgemacht, aber der Hintergrund ist weitaus komplexer (STEFFEN et al. 2004, SCHRÖTER et al. 2005).

Zuverlässigkeit der Anwendung digitalen Zitationsdatenbanken

Ein interessanter Aspekt hat sich bei der Recherche ergeben, denn trotz Eingrenzung der Abfrage auf Suchfelder – Titel, Zusammenfassung, Schlüsselbegriffe - konnten Publikationen zum Klimawandel und dessen Einfluss auf die Bodenerosion ermittelt werden. Denn erst im schrittweisen Auswahlverfahren zeigte sich, dass bei einer Zuverlässigkeitsüberprüfung durch eine erneute Abfrage, trotz Einschränkung, das gesamte Dokument auf mögliche übereinstimmende Begriffe, Treffer erzielt wurde.

Ausselektierte Publikationen

Die präsentierten Arbeiten, deren Forschungsinteresse ausschließlich beim Einfluss des Klimawandels liegen, wurden ausselektiert. Diese Arbeiten werden zur Vervollständigung des vorangegangenen Selektionsprozesses dargestellt (siehe Tabelle 15). Wie eingangs erwähnt, sind diese Publikationen nicht ergebnisrelevant, denn sie sind infolge der Auswahlkriterien der Recherche nicht Gegenstand der zugrunde liegenden Fragestellung (siehe Kapitel 1, Abschnitt forschungs-leitende Fragen). Die Publikationen behandeln nur eine Teilkomponente des Globalen Wandels und deren Einfluss auf die Bodenerosion. In Tabelle 15 sind die Publikationen angeführt, deren Focus eindeutig auf den Einfluss des Klimawandels und die sich dadurch veränderten Prozesse der Bodenerosion zurückzuführen sind.

Tabelle 15 Übersicht Publikationen mit Focus "Klimawandel und Bodenerosion"

Autor	Jahr	Zeitschrift	Daten	Modelle	Globaler Wandel	Maßstab	Thema
Favis-Mortlock D & Boardman J	1995	CAT		x		R	- Nichtlineare Reaktion von Bodenerosion auf den Klimawandel Bsp. England - South Downs - Focus: Abschätzen der Effekte des veränderten Klima auf Erosionsraten
González-Hidalgo JC et al	2007	CAT	x			R	- Review zu täglichen Erosionsdaten im westlichen Mittelmeerraum - Focus: Variabilität in Zeit und Raum und Event
Hancock GR et al	2009	GEOD		x		C	- Studie Klimawandel: Effekte Veränderung in Regenmuster, Stürme, Intensitäten; Nordwestliches Territorium - Australien - Focus: Veränderung der Erosion- u. Sedimentsraten
Imeson AC & Lavee H	1998	GEOM				T	- Geoökologische Studie: Klima und Bodenerosion; Einfluss des Maßstabs Focus: Klimaeinfluss auf geomorphologische Schlüsselprozesse; Transect-Analyse; verschiedene Standorte-mediterraner R.; verbesserter Einblick zu Klimawandel-Einflüssen; Ökosystem-Degradation
Mulligan M	2008	GEOM		x		C/R	- Modellierung von Klimavariabilität und Extremereignisse - Mediterraner Raum - Focus: Einfluss der Variabilität auf Hydrologie und Vegetation; PATTERN ecosystem modell
Nearing MA et al	2004	SOWACO		x			- Review: Klimawandel und Einfluss auf Bodenerosion Regenmenge, Intensität, Veränderung des hydrologischen Kreislaufs - Focus: Darstellung diverser Studien; Kontroverselle Ansätze (Anstieg vs. Rückgang)
O'Neal MR et al	2005	CAT	x	x		P	- Anbauänderung infolge Klimawandel; Mittlerer Westen - USA - Focus: Potential/Veränderung v. B.erosionsraten, Adaptierung v. Anbau an Klimawandel
Sauerborn P et al	1999	GEOD		x		G/R/C	- Zukünftiger Anstieg der Erosivität; Ableitung aus globalen Klimamodellen Mitteleuropa - Bsp. Nordrhein-Westfalen - Focus: "Downscaling" mit Modellen, Szenarien
Scholz G et al	2008	CAT		x		R	- Bodenerosion auf kultivierten Flächen - Bsp. Zuckerrübe - (Ober-)Österreich Antwort auf Klimawandel Focus: Variabilitäten v. Niederschlägen, Einbindung Saisonale Unterschiede Rückschlüsse zukünftige Veränderungen, Berücksichtigung von Anbauentscheidungen (Management)
Zhang XC & Nearing MA	2005	CAT	x	x			- Einfluss Klimawandel auf Bodenerosion, Abfluss und Anbauproduktivität Bsp. USA (Oklahoma) - Focus: heutiges Risiko bekannt, akute/zukünftige Veränderungen
Zhang Y-G et al	210	JOH	x	x		R	- Prognose von Änderungen in Regenerosivität infolge Klimawandel Nordostchina - Focus: "Downscaling", Multimodelle wie Multiszenarios
Zhang XC	2006	SOWACO		x		R	- Evaluierung der räumlichen Sensibilität von prognostizierten Bodenerosionsraten - Focus: Klimawandel auf regionalem Maßstab

Fehlende/unzuverlässige Daten

Crosson (CROSSON 1990) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass beispielsweise globale Studien in Entwicklungsländern wenig zuverlässige empirische Daten und Informationen über mögliche Intensitäten und Frequenzen hinsichtlich Bodenerosionsereignisse zu erhalten sind. In diesem Zusammenhang beschreibt Goudie (2000) über Bodenerosionsraten und lange Beobachtungszeiträume, dass kaum zuverlässige Datensätze verfügbar sind, die eine eindeutige Verstärkung der Bodenerosionsraten durch die Intensivierung anthropogenen Aktivitäten belegen.

Genauso zeigt die Arbeit von Favis-Mortlock und Guerra (1999) die Schwierigkeit der Bearbeitung zukünftiger Einflüsse des Globalen Wandel auf die Bodenerosion. Durch die Anwendung verschiedene Modelle wie Annahmen entstehen Unsicherheiten (siehe Tabelle 16). Es geht nicht dezidiert daraus hervor, wie sich diese Ungenauigkeiten grundsätzlich bzw. überhaupt auf die Erosionsraten auswirken werden (FAVIS-MORTLOCK und GUERRA 1999).

Tabelle 16 Unsicherheiten verschiedenen Ursprungs und direkter Einfluss (Favis-Mortlock und Guerra 1999)

Source of uncertainty	Origin	Probable direction of influence on erosion rates
WEPP overpredicts on long slopes	Model	+ ve
WEPP-CO ₂ 's oversimplified handling of plant responses to enhanced CO ₂	Model	?
CLIGEN underpredicts large rainfall events	Model	– ve
Possibly unrealistic future climate/land use scenarios	Assumption	?
Rainfall intensities unchanged from present values	Assumption	?
Crop management unchanged from present	Assumption	+ ve
'1990' soil profile used with 2050 climate	Assumption	?

5 Diskussion und Fazit

Im folgenden Kapitel werden die ermittelten Ergebnisse des Review im Detail diskutiert (siehe Kapitel 4). Zu Beginn steht ein kurzer Abriss zur Ermittlung der Datengrundlage und die dabei aufgetretenen Schwierigkeiten, wie Restriktionen werden in diesem Abschnitt besprochen. Die generelle Diskussion bezieht sich auf die der Ergebnisse der Literaturrecherche und die inhaltliche Analyse der ermittelten Publikationen, die den Forschungsstand zur Fragestellung behandeln. Wie und in welcher wissenschaftlichen methodischen Herangehensweise beschäftigen sich die Publikationen mit der Thematik des Globalen Wandel und der Bodenerosion. Der Hauptfokus des Kapitels liegt in der Besprechung der forschungsleitenden Fragen der vorliegenden Arbeit, um diese im Gesamtkontext verifizieren beziehungsweise falsifizieren zu können. Können hinsichtlich der Fragestellung Aussagen betroffen werden, inwieweit der Prozess der Bodenerosion durch die Mechanismen des Globalen Wandel vorangetrieben, verstärkt wird, sollen hier beantwortet werden. Auf den Abschnitt Unsicherheiten folgt im abschließend ein generelles Fazit zur vorliegenden Arbeit.

5.1 Diskussion der Datengrundlage

Die Festlegung der Suchbegriffe bzw. Suchbegriffskombinationen ist das Kernstück der Literaturrecherche. Wie sich im Verlauf der Literaturrecherche herausgestellt hat, mussten anfänglich eingesetzte Recherchebegriffe durch andere ersetzt werden, da diese keine Suchtreffer brachten. Ebenso mussten für die genauere Eingrenzung des umfangreichen Themengebietes die Suchbegriffe um prägnantere erweitert werden (siehe Tabelle 3). Je präziser die Suchkriterien definiert sind, umso transparenter gestaltet sich die Auswahl der Publikationen. Wie im Kapitel 3 bereits erwähnt, konnte mit alleiniger Verwendung der Suchbegriffskombinationen „Global Change“ AND „Soil Erosion“ kein ausreichendes und repräsentatives Suchergebnis erzielt werden. Falls die Recherche ausschließlich die Recherchebegriffe aufgebaut hätte, wären wesentliche Arbeiten mit Themenrelevanz infolge dieser Einschränkung nicht Bestandteil der Ergebnispräsentation. Durch die Erweiterung konnte demnach eine breitere Ausgangsdarstellung geschaffen werden. Die thematische Bedeutung der Begriffe „Global Environmental Change“ und „Climate Change“ in Bezug auf den Globalen Wandel ist unumstritten. Trotzdem mussten sie aus der Recherche herausgenommen werden, da sich in den Erstabfragen zeigte, dass diese Publikationen die Anforderungen für die vorliegenden Leitfragen dieser Arbeit nicht erfüllen. Sie ermitteln durchwegs die Problematik des Klima- wie Umweltwandel und deren Auswirkungen auf die Bodenerosion. Der übergeordnete Ansatz des Globalen Wandel wird nicht thematisiert.

Limits der Suchbegriffe

Die Vordefinition der Suchbegriffe (siehe Tabelle 3) ist für Themeneingrenzung einer Literaturlarbeit notwendig. Die Limitierung verhindert, dass Arbeiten, die die Begriffe Bodenerosion und Globaler Wandel nicht dezidiert wortwörtlich ansprechen, doch aber im Gesamtkontext bearbeiten, nicht erfasst werden. Die Begründung liegt in der ausschließlichen Abfrage anhand der zuvor festgelegten Suchbegriffskombinationen (siehe Tabelle 3; Abbildung 14). Hinzu kommt, dass die Suchbegriffe einzig in den Suchfelder Titel, Zusammenfassung und Schlüsselbegriffe ermittelt wurden.

Folglich mussten die Publikationen mit dem thematischen Fokus Klimawandel und dessen Einfluss auf die Bodenerosion ausgeschlossen werden. Die Arbeiten thematisieren ausschließlich die Einflussnahme der Klimaänderungen auf die Bodenerosion und betrachten nicht den weitaus breiter angesetzten Forschungsaspekt des Globalen Wandels. Die Schwierigkeit liegt in der eindeutigen thematischen Abgrenzung. In diesem Zusammenhang muss ganz klar wieder die Komplexität des Themas angesprochen werden. Denn wie eingangs bereits festgestellt werden konnte, werden unter Globalen Wandel eindeutig alle Phänomene und Änderungsprozesse, wie beispielsweise Klimawandel, Landnutzungsänderung und sozio-ökonomische Wandel verstanden (siehe Abbildung 1, vgl. (SCHRÖTER et al. 2005, IGBP 2011)).

Abdecken des gesamten relevanten Publikationsstandes

Abbildung 17 zeigt Publikationen, die in der Präsentation der Ergebnisse nicht berücksichtigt wurden. Der methodische Ablaufplan der Literaturrecherche (Abbildung 14) schränkt die Suchabfrage auf die Suchfelder Titel, Zusammenfassung, Schlüsselbegriffe der jeweiligen Zitationsdatenbanken ein. Der gesamte Text der Publikationen ist nicht Untersuchungsgegenstand der Recherche. Folglich konnte der Review zu bereits bestehenden Studien zum Globalen Wandel und Bodenerosion nicht ermittelt werden (siehe Abbildung 17).

Die generelle Arbeit von Favis-Mortlock et al. (1996) ist Bestandteil der Rechercheergebnisse (siehe Tabelle 9). Die Abdeckung des gesamten Forschungsspektrums zur Themenstellung kann nicht vollständig erfüllt werden. Die Recherche erfolgte ausschließlich über vordefinierte Fachmagazine und demnach wurden interne Publikationen von Forschungs- und Umweltorganisationen wie ISRIC, FAO oder UNEP nicht berücksichtigt. Durch die sprachliche Einschränkung auf deutsche wie englische Publikationen, konnten andere eventuelle forschungsrelevante Arbeiten nicht ermittelt werden.

Analoge vs. digitale Recherche

Obwohl die Literatursuche über sowohl über analoge wie digitale Medien erfolgte, konnten die meisten relevanten Forschungsarbeiten digital erfasst werden. Die breite Resonanz wurde über digitale Recherche erlangt. Trotzdem stellt sich die Frage, warum die Arbeiten aus der Übersicht aus Favis-Mortlock et al. (1996) nicht erfasst werden konnten. Der Schluss liegt nahe, da die vorgestellten Arbeiten aus den frühen 1990er Jahren stammen, diese nicht in digitale Suchmedien integriert wurden (siehe Abbildung 17).

Table 5. Previous model-based studies of global change and erosion (adapted from Favis-Mortlock and Boardman 1995)

Study	Location	Erosion model	Weather		Focus	Mean annual values only?
			Parameters varied	Distributional means		
Boardman et al. 1990	UK South Downs (results extrapolated to several UK areas)	EPIC	maximum temperature minimum temperature rainfall amount	stationary	erosion	Y
Favis-Mortlock et al. 1991	UK South Downs	EPIC	maximum temperature minimum temperature rainfall amount CO ₂ content	stationary	crop yield, erosion	Y
Boardman and 1993 Favis-Mortlock	Woodingdean, in UK South Downs	EPIC	maximum temperature minimum temperature rainfall amount CO ₂ content solar radiation	stationary	erosion	Y
Nicks, 1993	Little Washita Basin, Oklahoma, US	SWRRB	mean temperature rainfall amount rainfall frequency	trended	hydrology, sediment yield	Y
Botterweg, 1994	central southern Norway	CREAMS	mean temperature rainfall amount	stationary	hydrology, erosion	N
Nicks and Williams, 1993	Little Washita Basin, Oklahoma, US	SWRRB	maximum temperature minimum temperature rainfall amount	trended	hydrology, sediment yield	Y
Phillips et al. (in press); Lee et al. (in press)	US Corn Belt	EPIC	maximum temperature minimum temperature rainfall amount rainfall frequency wind speed CO ₂ content	stationary	crop yield, erosion	Y
Favis-Mortlock and Boardman, 1995	UK South Downs	EPIC	maximum temperature minimum temperature rainfall amount CO ₂ content	stationary and trended	erosion	N
Favis-Mortlock and Savabi (in press)	UK South Downs	WEPP	maximum temperature minimum temperature rainfall amount wind speed CO ₂ content	stationary	erosion and deposition	N

Abbildung 17 Nicht selektierte Bsp. für Studien zum Globalen Wandel und Erosion (Favis-Mortlock et al. 1996)

5.2 *Diskussion der Ergebnisse*

In diesem Kapitel sollen dazu dienen, die einzelnen Ergebnisschritte der Arbeit zu besprechen, dieser nächste Abschnitt schließt an die Vorgehensweise und die entstandenen Restriktionen der Literaturrecherche an.

Ergebnisse des Literaturauswahlverfahrens

Die Abfrage über erstgewählte Zitationsdatenbank „*ScienceDirect*“ zeigte eine Vielzahl an Publikationen, dennoch konnte keine Entscheidung zur jeweiligen Verwendbarkeit der selektierten Arbeiten getroffen werden (Tabelle 5). Demzufolge wurde in der methodischen Herangehensweise festgelegt, dass zusätzlich die Datenbank „*Scopus*“ für Selektion eingesetzt werden muss. Ziel war es alle aktuelle Neuerscheinungen und Konferenzschriften zu ermitteln, dieser Anspruch konnte in diesem Stadium nicht optimal umgesetzt werden. Mit der Erweiterung um die Zitationsdatenbank „*Web of Science*“ konnte der Aktualitätsanspruch, der in Methodik festgelegt wurde, garantiert werden. Wie im Kapitel 5.1 bereits erwähnt wurde, wurden interne Arbeiten wissenschaftsnahen Institutionen wie ISRIC, IIASA ISI zur Gänze nicht berücksichtigt. Die Bearbeitung bezieht sich ausschließlich auf die angesprochenen Datenbanken wie Fachmagazine (siehe Abbildung 14). Im Kapitel 4.4 wurden Restriktionen hinsichtlich der Anwendung der Literaturdatenbanken beschrieben.

In der Präsentation der Rechercheergebnisse wurden vorerst alle Suchbegriffkombinationen einbezogen (siehe Tabelle 6), um anhand der Suchtreffer tendenzielle weitere Forschungsschwerpunkte festzumachen. Die meisten Studien, die neben den forschungsrelevanten Publikationen eruiert wurden, die Bodenerosion thematisieren, fallen in die Bereiche Landnutzungsänderung und Landdegradation. Aufgrund der Leitfragen der Arbeit sind diese Publikationen nicht Gegenstand der inhaltlichen Analyse (siehe Kapitel 4.3).

Bei der Endermittlung der relevanten Publikationen zur inhaltlichen Auseinandersetzung musste festgestellt werden, dass zwischen der Recherche mittels zentralen Begrifflichkeiten und der Durchsicht starke Unterschiede bestanden. Anfänglich selektierte Arbeiten wurden nachträglich bei Erstellung der Kurzbeschreibungen ausgeschlossen, da die anfängliche Zuordnung zu den einzelnen forschungsleitenden Fragen nicht zulässig ist. Dieser Umstand weist neuerlich auf die Schwierigkeiten in der Datenbankrecherche hin (siehe Kapitel 4.4). Wie bereits im Kapitel 4.2 angesprochen wurde, konnte durch die Eruierung der relevanten Publikationen in den Fachmagazinen ebenso die Wissenschaftsdisziplinen ermittelt, die sich mit der Bodenerosionsproblematik und dem Globalen Wandel auseinandersetzen (siehe Abbildung 15).

Der globale Aspekt der Bodenerosionsforschung wird im Zusammenhang mit der Leitfrage über die Maßstabsproblematik anschließend besprochen (siehe Kapitel 5.3). Im weiteren Abschnitt werden die relevanten thematischen Rechercheergebnisse besprochen, die wiederum für die Diskussion der Forschungsfragen herangezogen werden. Vorweg soll die Aktualität der forschungsrelevanten Publikationen behandelt werden.

Aktualität des Themas

In den 1990er Jahren ist der Großteil der eruierten Forschungsarbeiten publiziert worden. Mit der *UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED)* in Rio de Janeiro 1992 wurden erstmals Umweltthemen und Probleme auf einem globalem Maßstab diskutiert. Die Gründung des „International Geosphere-Biosphere“ Programme (IGBP) fällt ebenso in diesen Zeitraum, deren Interesse liegt darin, internationale Forschungen im Umweltbereich auf globalen wie regionalen Maßstab voranzutreiben. Demzufolge konnten viele Forschungsprojekte implementiert werden, wie beispielsweise eben auch die Auseinandersetzung des Bodenerosionsprozesses und dem Einfluss des Globalen Wandels. Fragestellungen hinsichtlich der Interaktion von Klima und Landnutzungsänderungen auf die Bodenerosion unter dem Gesamtaspekt des Globalen Wandels wurden behandelt. In diesem Zusammenhang sind gleichfalls die Arbeiten des wissenschaftliches Bodenerosionsnetzwerk „Global Change and Terrestrial Ecosystems Soil Erosion Network“ zu erwähnen (GCTE 1999) (VALENTIN 1998). Tabelle 9 verweist beispielsweise auf Arbeiten von (FAVIS-MORTLOCK et al. 1996, FAVIS-MORTLOCK und GUERRA 1999, JETTEN et al. 1999), die im internationalen Bodenerosionsnetzwerk entstanden sind.

Ermittlung der Publikationen – thematische Relevanz

Im Auswahlverfahren der Publikationsrecherche konnten 22 Arbeiten dem Themenkreis Globalen Wandel und Bodenerosion zugeordnet werden. 14 Arbeiten wurden dem Globalen Ansatz der Bodenerosionsforschung zugewiesen (siehe Kapitel 4.3.1, 4.3.2). In der Bearbeitung wurden die Arbeiten aus dem ersten Themenbereich „Globaler Wandel und Bodenerosion“ hinsichtlich ihrer inhaltlichen Aussagen, wie bereits im Kapitel 4.3.1 beschrieben wurde, differenziert thematisch bearbeitet. Durch die klare thematische Trennung der Arbeiten zeigte sich, dass die herausgenommenen Studien vor dem übergeordneten Begriffs des Globalen Wandels, nur Teilaspekte wie die Landnutzungsänderung oder den sozio-ökonomischen Wandel heranziehen, um deren Einflussnahme auf die Bodenerosion darzustellen (vgl. Tabellen 9, 11, 13, Kapitel 4.3.1). Die Arbeiten, die eindeutig dem Themenkreis des Globalen Wandels zugeordnet werden konnten, beschränken sich auf Publikationen, die in der Tabelle 9 präsentiert wurden. Ein weiterer Grund der Splitting der Ergebnisse zum Globalen Wandel liegt der besseren Zuordnung zu den forschungsleitenden Fragen und deren anschließende Diskussion im Kapitel 5.3.

Neben der thematischen Bearbeitung wurden die Publikationen nach ihrer jeweiligen methodischen Herangehensweise und dem Forschungsdesign unterteilt. Dieser Umstand dient zur Eruierung wie und in welcher Weise die Fragestellungen der Studien angelegt sind, die sich mit der Thematik auseinandersetzen (siehe Tabelle 10, 12). In diesem Kontext zeigt ein Vergleich der empirischen Arbeiten vs. Literaturarbeiten der Tabellen 10 und 12, dass im Bereich Globaler Wandel und Bodenerosion weitaus mehr Literaturarbeiten ausgewiesen sind als bei den Arbeiten zur Landnutzungsänderungen (siehe Tabelle 11). Es liegt der Schluss nahe, dass im Forschungsbereich der Landnutzungsänderung und dem Einfluss auf die Bodenerosion weitaus mehr empirische Studien vorhanden sind (siehe Tabelle 15). Die Bearbeitung des Globalen Wandels anhand eines Teilaspekts der Landnutzungsänderung erscheint methodisch „greifbarer“ als im übergeordneten vielschichtigen Kontext des Globalen Wandels eindeutige Hinweise zu eruieren.

Die Ergebnisse im Kapitel 4.3.2 zeigen einen Überblick zu „globalen“ Forschungsarbeiten. Sie sind nicht primärer Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit. Trotzdem musste zwischen dem „Globalen Wandel“ und „Global“ unterschieden werden. Den Rahmen geben die Leitfragen, denn die zweite Forschungsfrage beschäftigt sich ausschließlich mit dem Aspekt, ob es gibt Studien, die das globale Ausmaß der Bodenerosion erfassen und die anhängige Frage, können die Arbeiten überhaupt in einem globalen Maßstab bearbeitet werden. Im Kapitel 4.1 der Ergebnispräsentation wurden die allgemeinen globalen „Hot Spots“ präsentiert (siehe Abbildung 15).

Bei der inhaltlichen Bearbeitung hat sich herausgestellt, dass alle Studien einen nationalen, regionalen wie lokalen Maßstab für ihre Forschungsarbeiten heranziehen (siehe Tabelle 14). Die Arbeiten repräsentieren einzig die ermittelten Publikationen in der Rubrik „Allgemein“ von Boardman (2006) und Batjes (1996) haben ihren Untersuchungsraum auf den globalen Maßstab angelegt. Batjes (1996) beispielsweise beschäftigt sich in seiner Arbeit mit Adaptierungsmöglichkeiten bzw. einer qualitativen Bewertungsmethode auf Grundlage der GLASOD-Studie aus den 1990er Jahren, einer globalen Bodendegradationsstudie (OLDEMAN 1997). Die „Güte“ von GLASOD wird kritisch in einer Arbeit von (SONNEVELD und DENT 2009) beleuchtet, dies impliziert, dass der globale Ansatz in der Bodenerosionsforschung eher strittig scheint.

5.3 Diskussion der forschungsleitenden Fragen

Im Anschluss an die Interpretationen zur Datengrundlage und der allgemeinen Diskussion der Ergebnisse werden die der Arbeit zugrundeliegenden forschungsleitenden Fragen analysiert und überprüft. In diesem Kontext sollen exemplarische Arbeiten zu Beantwortungen herangezogen werden.

Globaler Wandel und Bodenerosion

Behandeln die ermittelten Forschungsarbeiten das Thema Bodenerosion im Kontext des Globalen Wandels?

Die vorgestellten Studien der Tabelle 9 thematisieren eindeutig einen Zusammenhang des Globalen Wandels und der Bodenerosion. Dennoch muss bei kritischer Analyse der einzelnen Arbeiten festgestellt werden, dass sich die Studien vielmehr mit dem Einfluss des Klimas, der Landnutzung wie Veränderung beschäftigen als den das übergeordneten Phänomen des Globalen Wandels in Bezug mit der Fragestellung setzen. Entgegen der Fokussierung der Publikationen auf wenige Teilaspekte des Globalen Wandels, beschäftigen sich alle vorgestellten Arbeiten im weiteren Sinne mit dessen Einfluss auf die Bodenerosion (siehe Tabelle 9). Im Gegensatz zu den Forschungsarbeiten, die bereits bei der Ergebnispräsentation inhaltlich aufgeteilt wurden (siehe Tabelle 11 und 13), unterscheiden sich die vorgestellten Arbeiten der Tabelle 9 signifikant. Die Forschungsarbeiten versuchen auf jeden Fall mehrere Faktoren des Globalen Wandels für ihre Fragestellung heranzuziehen (z.B. DE VENTE et al 2008, ITO 2007). Demzufolge können die Publikationen, die ausschließlich einen Teilaspekt des Globalen Wandels bearbeiten, wie den der Landnutzungsänderung (Tabelle 11) und des sozioökonomischen Wandels (Tabelle 13), nicht als Arbeiten bezeichnet werden, die sich mit der Komplexität des Ansatzes beschäftigen.

Wie im Kapitel 4.3.1 bereits angesprochen, unterscheiden sich die Arbeiten hinsichtlich ihrer Ansatzes, diese Studien beschäftigen sich ausschließlich methodisch mit dem Globalen Wandel und dessen Einfluss auf die Bodenerosion. Arbeiten von Favis-Mortlock et al. (1996) und Jetten et al. (1999) setzen sich mit dem Aspekt der Anwendbarkeit von Bodenerosionsmodellen für Studien zum Globalen Wandel auseinander. In der Tabelle 17 ist das experimentelle Design des Forschungszugangs dargestellt. Favis-Mortlock und Guerra (1999) beispielsweise nehmen die Erkenntnisse der validierten GCTE-Modelle auf, um eine Quantifizierung zukünftiger Bodenerosionsraten unter „zukünftigen“ Globalen Wandel-Bedingungen zu simulieren.

**Tabelle 17 Experimentelles Design für Validierung von Erosionsmodelle GCTE
(Favis-Morlock et al 1999, 1996)**

Phase	Beschreibung	Validierung-Herangehensweise
1	Modellselektion	-
2	Modellverifizierung	Evaluierung der modellierten/gemessenen Daten Genereller Ansatz: Modelle repräsentieren Prozesse im "Heimatgebiet"
3	Bestimmung der Anwendbarkeit	Beurteilung der modellierten/gemessenen Daten des "Heimatgebietes" mit Daten von außerhalb; zusätzlich Prüfung auf Gültigkeit der Modellierung
4	Globaler Wandel-Sensibilitätsanalyse	Evaluierung, der aus dem Vergleich zuvor modellierten Ergebnisse; Berücksichtigung der Anwendbarkeit der Modelle für Attribute/Prozesse, die von Globalen Wandel betroffen sind
5	Modelle, für Globalen Wandel-Studien anwendbar	-

Hat der Globale Wandel Einfluss beziehungsweise Auswirkungen auf die Bodenerosion?

Die selektierten Arbeiten weisen eindeutig auf einen Einfluss hin. Allerdings wird der Globale Wandel in den meisten Arbeiten anhand von Teilaspekten des Globalen Wandel behandelt (siehe Tabelle 9). Ein exemplarische Studie, die den gesamthaften Ansatz und alle damit verbundenen beeinflussenden Faktoren beleuchtet, konnte nicht ermittelt werden. Der Großteil der Arbeiten zeigt den Einfluss von klimatischen Veränderungen einerseits, die anhand von Parametern wie Niederschlagsintensität und Regenmenge festgemacht werden und andererseits den Änderungen in der Landnutzung (ITO 2007, FIELD et al. 2011).

Yang et al. (2003) vereinen beispielsweise in ihrer Studie zwei Ansätze miteinander. Einerseits versuchen sie das globale Potential an Bodenerosion zu ermitteln und darüber hinaus anhand vergangener, wie zukünftiger Erosionsraten einen Rückschluss auf Klimawandel, Landnutzung und Globalen Wandel zu ziehen.

Generell fehlen wesentliche Teilaspekte in den selektierten Arbeiten zum Globalen Wandel zur Gänze abdecken, wie die Einbindungen von sozioökonomischen Faktoren, die ebenso den Globalen Wandel beschreiben. Hier sind die Arbeiten von Boardman et al. (2003) und Zhang (2004) zu erwähnen, die sich beispielsweise mit gesellschaftspolitischen Faktoren, wie Fehlentscheidungen in der Agrarpolitik oder gesteigerten Flächenverbrauch für Produktionsflächen beschäftigen. Diese Faktoren begünstigen Bodenerosionsprozesse extrem (BOARDMAN et al. 2003, ZHANG et al. 2004).

FAVIS-MORTLOCK et al. (1996) haben versucht die wesentlichen Störungskomponente durch den Globalen Wandel zu ermitteln und Bodenerosionsmodellen dahingehend adaptiert (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18 Veränderungen durch Globalen Wandel (Favis-Mortlock et al. 1996)

Variable	Veränderung/Beunruhigung
Landnutzung	Natürliche Vegetation zu Ackerland
	Von wechselnden Getreidesorten zu Monokultur
	Trockengebiete zu gewässerten Getreidesorte
Temperatur (Mittelwert)	gegenwärtig +1,5 °C
	gegenwärtig +3,0°C
Regenmenge	gegenwärtig +/- 10%
	gegenwärtig +/-20%
Anzahl der Regentage	gegenwärtig +/-5%
	gegenwärtig +/- 10%
Atmosphärisches CO ²	Mehr als 490 ppmv

Für alle selektierten Arbeiten aus dem Kapitel 4.3.1 „Globaler Wandel“ ergibt sich derselbe Schluss. Thematisch wird der Globale Wandel eindeutig behandelt, allerdings in den Studien werden anhand von Klimawandel und Landnutzungsänderung auf das Gesamtphänomen des Globalen Wandels geschlossen. Dennoch unterscheiden sich die eruierten Studien, von denen, die im Kapitel 4.4 ausschließlich mit dem Klimawandel beschäftigen, denn wesentlich Faktoren, die Bodenerosion beeinflussen können, werden in die Studien mit einbezogen.

Die Komplexität des Themas und die Schwierigkeit der eindeutige Abgrenzung auf räumlicher und zeitlicher Dimension unterstreicht die Studie von De Vente et al (2008). Wie in Tabelle 9 erläutert, liegt der Forschungsschwerpunkt im Vergleich von Bodenerosionsmodellen. Der Focus liegt darin, genaue regionale Vorhersage über Erosionsraten und dem Einfluss des Globalen Wandels zu erhalten. De Vente et al (2008) weisen in ihrer Studie darauf hin, dass einfache Modelle mit limitierten Datenanforderungen auf regionaler und globaler Maßstabsebene sinnvoller sind, denn je mehr unterschiedliche Datenquellen zum Einsatz kämen, umso unzuverlässiger wären die Ergebnisse.

Maßstabsfrage der Bodenerosion

Wird die Problematik der Bodenerosion auf globaler (Maßstabs)-Ebene unterschätzt?

Die Problematik wird auf globaler Ebene eindeutig nicht unterschätzt, Forschungsprogramme weltweit bestätigen diesen Umstand (ISRIC, DIVERSITAS, IGBP, IHDP, WCRP) und ebenso die ermittelten Publikationen der Übersichtstabelle 14. In diesem Diskurs geht es darum, festzustellen, ob es Studien zum globalen Bodenerosionsausmaß gibt und inwieweit diese entsprechend aussagekräftig sind. Generell ist anzumerken, da die globale Maßstabsebene für Studien zur Problematik der Bodenerosion kaum Anwendung findet (vgl. RAMANKUTTY et al. 2006). Meyer und Turner II (1992) bestätigen, dass es äußerst schwierig ist, globale anthropogene Einflüsse auf die Bodenerosionsraten auf regionalen wie globalen Maßstab hochzurechnen, da der räumliche und zeitliche Rahmen genauso wie die natürlichen Hintergrundprozesse es unmöglich machen.

Eine zuverlässige Abschätzung beispielsweise des Erosionsrisiko auf globaler Ebene ist meist mit großen Unsicherheiten behaftet. Sowohl die Variabilität in den vielfältigen Prozessen wie die Heterogenität machen Generalisierungen auf globaler Ebene notwendig. Die meisten räumlich-differenzierten Bodenerosionsmodelle wurden für kleinmaßstäbige Einheiten, wie Plot- oder Feldmaßstab entwickelt. Beispielsweise liegt bei der Modellierung von Bodenerosionsprozessen das Maximum in der Bearbeitung bei kleinen Einzugsgebieten. Durch Extrapolation können diese für Fragestellungen auf größerer Maßstabsebene herangezogen werden. Abgesehen von den zuvor angesprochenen Arbeiten von Boardman (2006) und Batjes (1996) und der GLASOD-Studie von (OLDEMAN 1994) finden sich kaum Studien auf globaler Ebene. Ein wesentlicher Grund liegt darin, dass die Anwendung von Bodenerosionsstudien auf regionalen wie größeren Maßstabsebene wenig aussagekräftig sind (KEESSTRA 2012).

Ein Beispiel für eine Bearbeitung auf verschiedenen Maßstabsebenen zeigt die Arbeit von Yang et al. (2003). Sie versuchten das globale Bodenerosionspotential auf unterschiedlichen Maßstabsebenen mit Hilfe einer GIS-basierten Modellierung zu erreichen. Die Studie entwickelt aktuelle, historische und zukünftige Szenarien, die die Faktoren Klima, Landnutzung und Mensch in die Analyse mit einbinden. Diese Arbeit verbindet einerseits die zeitliche, wie räumliche Maßstabsebene und die jeweiligen Einflussfaktoren des Globalen Wandels.

Globaler Wandel und Landnutzungsänderung

Können Änderungen in der Landnutzung als Verursacher von Bodenerosion angesehen werden?

Die Landnutzungsänderung ist die Antwort auf viele Faktoren, die sich in diesem Teilaspekt des Globalen Wandels bündeln. Einerseits ist die Veränderung der Landnutzung die Reaktion auf anthropogene Veränderungsprozesse. Andererseits wird versucht, durch Landnutzungsänderungen versucht den Auswirkungen des Klimawandels beizukommen. Die vorgestellten Arbeiten zeigen eindeutig, dass Änderungen in der Landnutzung maßgeblich Bodenerosionsprozesse beeinflussen oder beschleunigen können. In diesem Zusammenhang wird deutlich, wie sich Änderungen nicht nur am einzelnen Feld („on-site“) auswirken, sondern wie erhöhte Erosionsraten auf größerem Maßstab („off-site“) Schaden anrichten können (MORGAN 1999). Die anthropogen geprägte Umwelt mit ihrer technisierten Infrastruktur ist extrem vulnerabel gegenüber Fernwirkungen der Bodenerosion. Dementsprechend entstehen hohe „Off-Site“-Schäden (RICHTER 1998). Im Vorfluter zeigen sich durch vermehrte Sedimentation des Bodenmaterials die „Off-Site“-Folgen. Es kommt zu einer Herabsetzung der Fließkapazität und zu einem Anstieg des Überflutungsrisikos. Aber nicht nur die Akkumulation von Sedimenten verändert Gewässer nachhaltig. Auch der Eintrag von Schadstoffen, wie Stickstoff oder Phosphor, führt zur Eutrophierung von Gewässern (MORGAN 1999, STEFFEN et al. 2004).

Bereits den 1990er Jahren bezifferte Pimentel (1995) für die USA allein die On-Site- und Off-Site-Schäden durch Wassererosion mit 7,4 Mrd. Dollar jährlichen und die Kosten zur Prävention mit 8,4 Mrd. Dollar. Die Arbeiten zeigen hinsichtlich der Fragestellungen einen allgemeinen Focus, der sich mit den möglichen Folgen von Bodenerosionsprozessen als Reaktion auf Landnutzungsänderungen beschäftigt. Infolgedessen zeigen Kommunen wie Regionen und Länder ein gesteigertes Interesse an Studien, die das potentielle Risiko und mögliche Schäden durch Erosionsprozesse monetär bewerten (CAI et al. 2005, BOARDMAN et al. 2009). In Vergleich der Arbeiten zum Globalen Wandel und der Bodenerosion wurde

Die Arbeiten von Zhang (2004) und Boardman (2003) heben sich eindeutig vom Mainstream ab, denn sie beschäftigen sich ausschließlich mit dem Einfluss des sozio-ökonomischen Wandel und dessen Einfluss auf die Bodenerosion. Zhang et al. greift irrationale landwirtschaftliche Entscheidungen heraus, die infolge erhöhten Druck der Sozial- wie Wirtschaftspolitik zu massiven Landnutzungsänderungen führten, um die Gegenmaßnahmen zu implementieren, schwerwiegende Bodenzerstörungen reversibel zu machen (ZHANG et al. 2004).

5.4 Fazit

Das nachstehende Zitat von Robert (1994) beschreibt die Komplexität und die Schwierigkeit der Auseinandersetzung mit dem Phänomen des Globalen Wandel und die darin enthaltenen Teilaspekte wohl am treffendsten:

“Understanding the changing global environment means being able to shift up or down from local, through regional and sub continental to planetary scales of study, and to move over a range of timescales; that is, through a nested hierarchy of environmental systems. Analysis over these different spatial and temporal scales reveals that environmental change is a natural occurrence, although the amplitude of change increases the longer timespan of observation (ROBERTS 1994).”

In dieser Arbeit wurde versucht, den Einfluss des Globalen Wandel auf die Problematik der Bodenerosion anhand einer detaillierten Recherche und thematischen Analyse ermittelter Publikationen nachzuweisen. Aus der Literaturrecherche ergaben sich wenige Arbeiten, die den Globalen Wandel und dessen Auswirkungen thematisieren, jedoch konnten anhand von Teilaspekten des Globalen Wandels, wie dem Klimawandel und der Landnutzungsänderung, ein eindeutiger Einfluss auf den Prozess der Bodenerosion hergestellt werden. In diesem Zusammenhang unterstreicht der Vierte Assessment Report des IPCC (2007) ganz deutlich das wissenschaftliche wie gesellschaftspolitische und ökonomische Forschungsinteresse in Bezug auf den an sich natürlichen Prozess der Bodenerosion. Die Phänomene des Klimawandels sind hinreichend erforscht, demnach werden die maßgeblichen Einflussfaktoren in den meisten Studien herangezogen, um Veränderungen von Bodenerosionsraten festzumachen. Die Antwort sind größere Erosionsraten aufgrund der Intensitäten von Regen und dem Anstieg der Regenmengen (KUNDZEWICZ et al. 2007).

Im Allgemeinen beschäftigen sich Studien zum Globalen Wandel beschäftigen mit längerfristigen Phänomenen. Demzufolge werden für wirtschaftliche wie natürliche Prozesse Prognosen für das 2. Hälfte des nächsten Jahrhunderts getroffen (FISCHER et al. 1996). Bodenerosion ist ein schnell ablaufender natürlicher Prozess, dessen Auswirkungen größtenteils lokal, eben kleinräumig ablaufen. Um Aussagen über mögliche andere Maßstabebenen treffen zu können und diese in den Zusammenhang mit dem Globalen Wandel bringen zu können, ist es notwendig den kumulativen Einfluss der Bodenerosion auf eine größere räumliche wie zeitliche Ebene zu stellen (TURNER II et al. 1990).

6 Perspektiven

Die Ergebnisse der thematischen Arbeit stehen repräsentativ für einen sehr limitierten Rechercheausschnitt dieses breitgefächerten interdisziplinären Ansatzes der Bodenerosionsforschung und des Globalen Wandels. Im Kapitel sollen durch die gewonnenen Erkenntnisse der Arbeit und deren Interpretation mögliche Anregungen für zukünftige Forschungsansätze aufgezeigt werden.

Die Arbeit basiert auf zwei Ansätzen: Der erste zeigt den methodischen Ablauf einer umfassenden Literaturrecherche anhand eines detaillierten Ablaufplans. Die dabei aufgetretenen Grenzen der Publikationssuche, wie mögliche Verbesserungen sollten aufgezeigt und im Einzelnen diskutiert werden. Folglich ist diese Methode der Literaturrecherche eine gute Basis für Suchabfragen in digitalen Medien. Der zweite Ansatz beschäftigt sich mit der inhaltlichen Analyse der eruierten Studien. Diese Ergebnisse der Kapitel 4.3.1 und 4.3.2 könnten entkoppelt voneinander in einer weiteren thematischen Arbeit spezifischer analysiert werden.

Generell verschaffen Literaturarbeiten einen guten Überblick zum aktuellen naturwissenschaftlichen Forschungsstand. Einerseits können Reviews als Informationsgrundlage für die mögliche Implementierung neuer empirischer Studien herangezogen werden. Andererseits könnte der klar abgesteckte Rahmen der Arbeit Anlass sein, die Recherchetätigkeit auf unterschiedlichste - nationale wie internationale, geomorphologische, bodenkundliche, agrarische - Forschungsgruppen auszuweiten, die sich mit der Bodenerosionsproblematik im Kontext des Globalen Wandels auseinandersetzen.

Mögliche Recherchequellen wären beispielsweise Plattformen „World Soil Information“ (ISRIC), das International Institute of Applied System Analysis (IIASA), die FAO sowie sämtliche Forschungsprogramme, die im Kontext des Globalen Wandel Studien anstellen (IGBP, DIVERSITAS, IHDP, WCRP).

7 Literaturverzeichnis

ADGER, W. N. und BROWN, K., Agder, W. N. E., (1994): Land use and the causes of global warming. Wiley. Chichester.

ANGIMA, S.D., STOTT, D.E., O'NEILL, M.K., ONG, C.K, WEESIES, G.A., (2003): Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. In: Agriculture, Ecosystems and Environment: 97, 295-308.

AUERSWALD, K., (1998): Bodenerosion durch Wasser In: Richter, G. H., (Eds.): Bodenerosion - Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 33-42.

AUERSWALD, K., (1998B): Gravitative Bodenverlagerung. In: Richter, G. H., (Eds.): Bodenerosion - Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt,

BATJES, N. H., (1996): Global Assessment of Land Vulnerability to water erosion on a 1/2°by 1/2° grid In: Land Degradation and Development: 7, 353-365.

BEESE, F., (2003): Böden - vergessene Naturschätze. In: Hempel, G. und M. H. Schulz-Baldes, (Eds.): Nachhaltigkeit und globaler Wandel - Guter Rat ist teuer. Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 31-61.

BEWKET, W. und STERK, G., (2003): Assessment of soil erosion in cultivated fields using a survey methodology for rills in the Chemoga watershed, Ethiopia. In: Agriculture, Ecosystems and Environment: 97, 81-93.

BOARDMAN, J., (2006): Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. In: Catena: 68, 2-3, 73-86.

BOARDMAN, J. und POESEN, J., (Eds.), (2006): Soil Erosion in Europe. Wiley & Sons. Chichester.

BOARDMAN, J., POESEN, J. und EVANS, R., (2003): Socio-economic factors in soil erosion and conservation. In: Environmental Science & Policy: 6, 1, 1-6.

BOARDMAN, J., SHEPHEARD, M. L., WALKER, E. und FOSTER, I. D. L., (2009): Soil erosion and risk-assessment for on- and off-farm impacts: A test case using the Midhurst area, West Sussex, UK. In: Journal of Environmental Management: 90, 8, 2578-2588.

BRAUCH, H. G., (2009): Securitization of Global Environmental Change. In: Brauch, H. G., U. Oswald Spring, J. Grin, C. Mesjasz, P. Kamari-Mbote, N. C. Behera, B. Chourouund H. E. Krummenacher, (Eds.): Facing Global Environmental Change - Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

BUREL, F., BADRY, J., LEFEUVRE, J.C., (1993): Landscape structure and the control of water runoff. In: BUNCE, R.G.H., RYSZKOWSKI, L., PAOLETTI, Paoletti, M.G. (Edt.). *Landscape Ecology and Agroecosystems*, Lewis, Boca Raton. 41–47.

CAI, Q. G., WANG, H., CURTIN, D. und ZHU, Y., (2005): Evaluation of the EUROSEM model with single event data on Steeplands in the Three Gorges Reservoir Areas, China. In: *CATENA*: 59, 1, 19-33.

CERDAN, O., POESEN, J., GOVERS, G., SABY, N., BISSONNAIS, Y., GOBIN, A., VACCA, A., QUINTON, K., AUERSWALD, K., KLIK, A., KWAAD, F. und ROXO, M., (2006): Sheet and Rill Erosion. In: Boardman, J. und J. E. Poesen, (Eds.): *Soil Eroison in Europe*. Wiley & Sons, Chichester, 205-212.

CERDAN, O., GOVERS, G., LE BISSONNAIS, Y., VAN OOST, K., POESEN, J., SABY, N., GOBIN, A., VACCA, A., QUINTON, J., AUERSWALD, K., KLIK, A., KWAAD, F.J.P.M., RACLOT, D., IONITA, I. REJMAN, J., ROUSSEVA, S., MUXART, T., ROXO, M.J. und DOSTAL, T. , (2010): Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. In: *Geomorphology*: 122, 167-177.

CLAESSENS, L., VAN BREUGEL, P., NOTENBAERT, A., HERRERO, M. und VAN DE STEEG, J., (2008): Mapping potential soil eroison in East Africa using the Universal Soil Loss Equation and secondary data. Conference on Sediment Dynamics in Changing Environments. Christchurch. In: *IAHS Publ.* 325, 398-407.

CROSSETTE, B., (2011): UNFPA Weltbevölkerungsbericht 2011 - Sieben Milliarden Menschen und Möglichkeiten. Deutsche Stiftung Weltbevölkerung (DSW) Hannover, 132. http://www.weltbevoelkerung.de/fileadmin/user_upload/PDF/WBB_2011/WBB_2011_60dpi.pdf. 12.12.2011.

CROSSON, P., (1990): Arresting renewable resource degradation in the Third World: Discussion. In: *AJAE - The American Journal of Agricultural Economics*: 72, 1276-1277.

CROZIER, M. J., (2008): Linking erosion with environmental and societal impacts in a rapidly changing environment. *Sediment Dynamics in Changing Environments*, IAHS Publ., Christchurch, In: 325, 469-475.

DE LA ROSA, D., MORENO, J.A., MAYOL, F. und BONSON, T., (2000): Assessment of soil erosion vulnerability in western Europe and potential impact on crop productivity due to loss of soil depth using the ImpelERO model. In: *Agriculture, Ecosystem and Environment*: 81, 179-190.

DE VENTE, J. und POESEN, J., (2005): Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models. In: *Earth-Science Reviews*: 71, 1-2, 95-125.

DE VENTE, J., POESEN, J., VERSTRAETEN, G., VAN ROMPAEY, A. und GOVERS, G., (2008): Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain. In: *Global and Planetary Change*: 60, 3-4, 393-415.

DIKAU, R. und WEICHSELGARTNER, J., (2005): Der unruhige Planet - Der Mensch und die Naturgefahren. Wissenschaftliche Buchgesellschaft
Primus Verlag. Darmstadt.

DOUGLAS, I., (2006): The Local Drivers of Land Degradation in South-East Asia. In: Geographical Research: 44, 123-134.

DUNJÓ, G., PARDINI, G. und GISPERT, M., (2003): Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment, NE Spain. In: CATENA: 52, 1, 23-37.

FAO, (1996): Land Quality Indicators and Their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development. Proceedings of the Workshop organized by the Land and Water Development Division FAO Agriculture Department and the Research, Extension and Training Division FAO Sustainable Development Department, WORLD BANK, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome,
In: <http://www.fao.org/docrep/W4745E/w4745e00.htm#Contents>. 10.08.2012.

FAVIS-MORTLOCK, D. und BOARDMAN, J., (1995): Nonlinear response of soil erosion to climate change: a modeling study on the UK South Downs. In: CATENA: 25, 365-387.

FAVIS-MORTLOCK, D., QUINTON, J. N. und DICKINSON, T., (1996): The GCTE validation of soil erosion models for global change studies. In: Journal of Soil and Water Conservations: 51, 397-403.

FAVIS-MORTLOCK, D. T. und GUERRA, A. J. T., (1999): The implications of general circulation model estimates of rainfall for future erosion: a case study from Brazil. In: CATENA: 37, 3-4, 329-354.

FEULNER, E. G., (2001): Information on Issues of Global Change. In: Aron, J. L. und J. A. E. Patz, (Eds.): Ecosystem Change and Public Health - A Global Perspective. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 3 - 16.

FIELD, J. P., BRESHEARS, D. D., WHICKER, J. J. und ZOU, C. B., (2011): On the ratio of wind- to water-driven sediment transport: Conserving soil under global-change-type extreme events. In: Journal of Soil and Water Conservation: 66, 2, 51A-56A.

FISCHER, G., ERMOLIEV, Y., KEYZER, M. A. und ROSENZWEIG, C., (1996): Simulating the socio-economic and biogeophysical driving forces of land-use and land-cover change: The IIASA land-use change model. IIASA - International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/>. 30.09.2012.

FOLLY, A., QUINTON, J. N. und SMITH, R. E., (1999): Evaluation of the EUROSEM model using data from the Catsop watershed, The Netherlands. In: CATENA: 37, 3-4, 507-519.

FRIELINGHAUS, M., BEESE, F., ELLERBROCK, R., MÜLLER, L. und ROGASIK, H., (1999): Risiken der Bodennutzung und Indikation von schädlichen Bodenveränderungen in der Gegenwart. In: Beese, F. H., (Eds.): Schutz des Bodens. Economica Verlag, Bonn,

FU, B., GULINCK, H. und MASUM, M.Z., (1994): Loess erosion in relation to land use changes in the Ganspoel catchment, central Belgium. In: Land Degradation & Rehabilitation: 5, 261-270.

GARZIA-RUIZ, J.M., REGÜÉS, D., ALVERA, B., LANA-RENAULT, N., SERRANO-MUELA, P., NADAL-ROMERO, E., NAVAS, A., LATRON, J., MARTI-BONO, C. und ARNÀES, J. (2008): Flood generation and sediment transport in experimental catchments affected by land use change in the central Pyrenees. In: Journal of Hydrology: 356, 256-260.

GCTE, (1999): Global Change and Terrestrial Ecosystems (GCTE) Soil Erosion Network. Valentin, D. C. Soil Erosion Network PhD.thesis, www.soilerosion.net. 01.09.2012.

GGW, (2012): Geographie und Globaler Wandel. Institut, G.und A.-L.-U. Freiburg. GGW-Institut. Freiburg. Geographisches Institut Alberts-Ludwig-Universität Freiburg. PhD.thesis, <http://www.master-geographie.uni-freiburg.de/>. 15.01.2012.

GLP, (2005): International Geosphere-Biosphere Programme: Science Plan and Implementation Strategy. Ojima, D., E. F. Moran, W. McConnell, M. S. Smith, G. Laumann, J. Morais und B. Young. IGBP Report No. 53/IHDP Report No. 19. Stockholm. IGBP Secretariat. PhD.thesis, <http://www.igbp.net/publications/reportsandscienceplans/reportsandscienceplans/reportno53.5.1b8ae20512db692f2a680006692.html>. 20.08.2012.

GONZÁLES-HIDALGO, J.C., PENA-MONNÉ, J.L. und DE LUIS, M., (2007): A review of daily soil erosion in Western Mediterranean areas. In: CATENA: 71, 193-199.

GOUDIE, A. E., (2000): The Human Impact on the Soil. In: Goudie, A. E., (Eds.): The Human Impact on the Natural Environment. Blackwell Publishers, Oxford,

GOUDIE, A. S. E., (2004): Encyclopedia of Geomorphology. Routledge. London, New York.

HANCOCK, G.R., (2009): A catchment scale assessment of increased rainfall and storm intensity on erosion and sediment transport for Northern Australia. In: Geoderma: 152, 350-360.

HEINE, K., (1994): Bodenzerstörung - ein globales Umweltproblem In: Anhuf, D.und P. H. Frankenberg, (Eds.): Beiträge zu globalen Umweltprobleme. Akad. Wiss. Lit., Abh. Math-nat. Klasse Nr. 2, Stuttgart, 65-91.

IGBP, (2011): International Geosphere-Biosphere Programme. Stockholm. Royal Swedish Academy of Sciences. PhD.thesis, <http://www.igbp.net/>. 10.08.2012.

IMESON, A. C., BERGMAN, G. und CAMMCRAAT, L. H., (1995): Scaling up from the plot to watershed: a dynamic systems strategy. GCTE Workshop on Soil Erosion and Climate Change, GCTE, Corvallis, OR, In:

IMESON, A. C. und LAVEE, H., (1998): Soil erosion and climate change: the transect approach and the influence of scale. In: *Geomorphology*: 23, 2-4, 219-227.

IPCC, (2012): Intergovernmental Panel on Climate Change. Secretariat, I. Genf. IPCC World Meteorological Organization. PhD.thesis, <http://www.ipcc.ch/>. 21.07.2012.

IPCC, F. A. R., (2007): Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Press, C. U., Cambridge,

ITO, A., (2007): Simulated impacts of climate and land-cover change on soil erosion and implication for the carbon cycle, 1901 to 2100. In: *Geophysical Research Letters*: 34, L09403, 1-5.

JETTEN, V. G., DE ROO, A. P. J. und FAVIS-MORTLOCK, D., (1999): Evaluation of field-scale and catchment-scale soil erosion models. In: *Catena*: 37, 521-547,

JOHNSON, D. L. und LEWIS, L. A., (1995): *Land Degradation: Creation and Destruction*. Blackwell Publishers. Cambridge, Massachusetts.

JONES, A., (2010): The European Environment - State and Outlook 2010 - Soil. European Union, Luxembourg, <http://www.eea.europa.eu/soer>. 20.08.2012.

JONES, A., PANAGOS, P., BARCELO, S., BOURAOUI, F., BOSCO, C., DEWITTE, O., GARDI, C., ERHARD, M., HERVÁS, J., HIEDERER, R., OLAZÁBAL, C., PETERSEN, J.-E., PENIZEK, V., STRASSBURGER, T., TÓTH, G., VAN DEN EECKHAUT, M., VAN LIEDEKERKE, M., VERHEIJEN, F., VIESTOVA, E. und YIGINI, Y., (2010): The State of Soil in Europe. A Contribution of The JRC to the European Environment Agency's. Environment State and Outlook Report - SOER 2010. European Commission - Institut for Environment and Sustainability, Ispra, <http://ies.jrc.ec.europa.eu>
<http://www.jrc.ec.europa.eu>.

KEESSTRA, S. D., (2012): Models and scaling: Assessing impact of climate change and land management on erosion and sediment dynamics. EGU 2012, Vienna. <http://www.egu.eu/>. 20.08.2012.

KEPPLER, G. und SCHMALZBAUER, B., (2011): *Global Change Research in Germany 2011*. German National Komitee on Global Change Research (NKGCF), Kiel, German National Komitee on Global Change Research (NKGCF). 20.04.2012.

KEYS, E. und MCCONNELL, W. J., (2005): Global change and the intensification of agriculture in the tropics. In: *Global Environmental Change*: 15, 320-337.

KIRKBY, M., (1994): Evaluating the erosional impact of global change: a methodology. GERTEC meeting, Commission on Geographic Response to Environmental Change (GERTEC), Abisko, In: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/documents.html>. 10.04.2012.

KIRKBY, M. J., (1980A): The problem. In: Kirkby, M. J. u. M. R. P. C. e., (Eds.): Soil erosion. Wiley, Chichester, 1-16.

KIRKBY, M. J., ABRAHART, R., MCMAHON, M. D., SHAO, J. und THORNES, J. B., (1998): MEDALUS soil erosion models for global change. In: Geomorphology: 24, 1, 35-49.

KIRKBY, M. J., JONES, R. J. A., IRVINE, B., GOBIN, A., GOVERS, G., CERDAN, O., VAN ROMPAEY, A. J. J., LE BISSONNAIS, Y., DAROUSSIN, J., KING, D., MONTANARELLA, L., GRIMM, M., VIEILLEFONT, V., PUIGDEFABREGAS, J., BOER, M., KOSMAS, C., YASSOGLOU, N., TSARA, M., MANTEL, S., VAN LYNDEN, G. J. und HUTING, J., (2004): Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map. Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg, http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/pesera/pesera_data.html. 20.04.2012.

KLOSE, A., (2009): Bodeneigenschaften und Bodenerosion durch wasser in einem semi-ariden Einzugsgebiet (Wadi Draa, Süd-Marokko) unter dem Einfluss des globalen Wandels. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn. <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2009/1959/1959.pdf.05.09.2012>. Dissertation

KNAPEN, A., POESEN, J., GOVERS, G., GYSSELS, G. und NACHTERGAELE, J., (2007): Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review. In: Earth-Science Reviews: 80, 75-109.

KUNDZEWICZ, Z. W., MATA, L. J., ARNELL, N. W., DÖLL, P., KABAT, P., JIMÉNEZ, B., MILLER, K. A., OKI, T., SEN, Z. und SHIKLOMANOV, I. A. E., (2007): Freshwater resources and their management. In: Hanson, C. E., (Eds.): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge,

LAL, R., (2003): Soil Degradation and Global Food Security: A Soil Science Perspektive. In: Wiebe, K. E., (Eds.): Land Quality, Agricultural Productivity and Food Security - Biophysical Processes and Economic Choices at Local. Regional and Global Levels. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 16-35.

LAL, R. E., (1988): Soil erosion by wind and water: Problems and prospects. In: Lal, R., (Eds.): Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society, Wageningen, 1-6.

LAMBIN, E. F. und GEIST, H. E., (2006): Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts. Springer Verlag. Berlin.

LEICHENKO, R. M. und O`BRIEN, K. L., (2008): Environmental Change and Globalization - Double Exposures. Oxford University Press. New York.

LESER, H., PRASUHN, V. und SCHAUB, D., (1998): Bodenerosion und Landschaftshaushalt. In: Richter, G. H., (Eds.): Bodenerosion - Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 97-109.

LI, S., (2006): Tillage Translocation and Tillage Erosion: Measurements, Modeling, Application and Validation. Department of Soil Science, University of Manitoba, Winnipeg.

MAEDA, E. E., PELLIKKA, P. K. E., SILJANDER, M. und CLARK, B. J. F., (2010): Potential impacts of agricultural expansion and climate change on soil erosion in the Eastern Arc Mountains of Kenya. In: Geomorphology: 123, 279-289.

MÄRKER, M., ANGELI, L., BOTTAI, L., COSTANTINI, R., FERRARI, R., INNOCENTI, L. und SICILIANO, G., (2008): Assessment of land degradation susceptibility by scenario analysis: A case study in Southern Tuscany, Italy. In: Geomorphology: 93, 1-2, 120-129.

MEA, (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. World Resources Institute, Island Press, Washington, DC, <http://www.maweb.org/documents/document.356.aspx.pdf>. 10.08.2012.

MELILLO, J., FIELD, C. und MOLDAN, B., (2003): Interactions of the major biogeochemical cycles. Island Press. Washington, DC.

MEYER, W. B. und TURNER II, B. L., (1992): Human Population Growth and Global Land-Use/Cover Change. In: Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics Associate 23, 39-61.

MEYER, W. B. und TURNER II, B. L., (1994): Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective. Cambridge University Press. Melbourne.

MEYER, W. B. und TURNER II, B. L., (1995): The Earth Transformed: Trends, Trajectories, Patterns. In: Johnston, R. J., P. J. Taylor und M. J. Watts, (Edt.), (Eds.): Geographies of Global Change. Blackwell, Oxford, 302-318.

MORGAN, R. R. C., (1999): Bodenerosion und Bodenerhaltung. Enke im G. Thieme Verlag. Stuttgart.

MORGAN, R. R. C. und NEARING, M. A., (2011): Handbook of Erosion Modelling. Wiley-Blackwell Publishing. Chichester.

MULLIGAN, M., (2008): Modelling the geomorphological impact of climatic variability and extreme events in a semi-arid environment. In: Geomorphology: 24, 59-78.

NEARING, M.A., PRUSKI, F.F. und O'NEAL, M.R., (2004): Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. In: Journal of Soil and Water Conservations: 59, 1, 43-50

NKGCF, (2005): Positionspapier für eine kohärente deutsche Forschungsstrategie zum Globalen Wandel. Nationales Komitee für Global Change Forschung (NKGCF), Bonn, <http://www.ak-geomorphologie.de/data/NKGCF.pdf>. 15.05.2012.

NYAKATAWA, E.Z., JAKKULA, V., REDDY, K.C., LEMUNYON, J.L. und NORRIS Jr., B.E., (2007): Soil erosion estimation in conservation tillage systems with poultry litter application using RUSLE 2.0 model. In: Soil & Tillage Research: 94, 410-419.

OLDEMAN, L. R., (1994): The Global Extent of Soil Degradation. In: Greenland, D. J. und I. Szabolcs, (Eds.): Soil resilience and sustainable land use : proceedings of a symposium held in Budapest, 28 September to 2 October 1992, including the Second Workshop on the Ecological Foundations of Sustainable Agriculture (WEFSA II). CAB International, Wallingford, Oxon,

OLDEMAN, L. R., (1997): Global and regional databases for development of state land quality indicators: the SOTER and GLASOD approach Land and Water Development Division FAO Agriculture Department and the Research, Extension and Training Division FAO Sustainable Development Department. Rome.

OLDEMAN, L. R., HAKKELING, R. T. A. und SOMBROEK, W. G., (1991): Global Assessment of Soil Degradation - GLASOD. World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note. International Soil Reference and Information Centre UNEP Nairobi, Wageningen.

O'NEAL, M.R., NEARING, M.A., VINING, R.C., SOUTHWORTH, J. und PFEIFER, R., (2005): Climate change impacts on soil erosion in Midwest United States with changes in crop management. In: Catena: 61, 165-184.

PARK, S., OH, C., JEON, S., JUNG, H. und CHOI, C., (2011): Soil erosion risk in Korean watersheds, assessed using the revised universal soil loss equation. In: Journal of Hydrology: 399, 263-273.

PETSCHEL-HELD, G., (1999): Agents and their Environment Syndromes of land use change in developing countries. IGBP The International Geosphere-Biosphere Programme, Science, I.-S.-T. R. S. A. o., Stockholm, 27-30. www.igbp.kva.se.

PIMENTEL, D., (1993): World soil erosion and conservation. Cambridge University Press. Cambridge

PIMENTEL, D., HARVEY, C., RESOSUDARMO, P., SINCLAIR, D., KURZ, D., MCNAIR, M., CRIST, S., SHPRITZ, L., FITTON, L., SAFFOURI, R. und BLAIR, R., (1995): Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. In: Science: 267, 1117-1123.

POESEN, J. W., BOARDMAN, J., WILCOX, B. und VALENTIN, C., (1996): Water erosion monitoring and experimentation for global change studies. In: Journal of Soil and Water Conservation: 51, 5, 386-390.

RAMANKUTTY, N., GRAUMLICH, L., ACHARD, F., ALVES, D., CHHABRA, A., DEFRIES, R. S., FOLEY, J. A., GEIST, H., HOUGHTON, R. A., GOLDEWIJK, K. K., LAMBIN, E. F., MILLINGTON, A., RASMUSSEN, K., REID, R. S. und TURNER II, B. L., (2006): Global Land-Cover Change: Recent Progress, Remaining Challenges. In: Lambin, E. F. und H. Geist, (Eds.): Land-Use and Land-Cover Change - Local Processes and Global Impacts. Springer -Verlag, Berlin - Heidelberg,

RICHTER, G., (1998): Bodenerosion - Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.

RICHTER, G., (1998): Bodenerosion als Weltproblem. In: Richter, G., (Eds.): Bodenerosion - Analyse und Bilanz eines Umweltproblems Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 231-242.

ROBERTS, N. E., (1994): The Changing global environment. Blackwell Publisher. Oxfordshire.

SAUERBORN, P., KLEIN, A., BOTSCHEK, J. und SKOWRONEK, A., (1999): Future rainfall erosivity derived from large-scale climate models – methods and scenarios for a humid region. In: Geoderma: 93, 269-276.

SCHMIDT, J., (1998): Modellbildung und Prognose zur Wassererosion. In: Richter, G., (Eds.): Bodenerosion - Analyse und Bilanz einer Umweltproblems. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 137-151.

SCHMIDT, J., (2000): Soil erosion: Application of Physically Bases Models. Springer-Verlag. Berlin.

SCHRÖTER, D., CRAMER, W., LEEMANS, R., PRENTICE, I. C., ARAÚJO, M. B., ARNELL, N. W., BONDEAU, A., BUGMANN, H., CARTER, T. R., GRACIA, C. A., DE LA VEGA-LEINERT, A. C., ERHARD, M., EWERT, F., GLENDINING, M., HOUSE, J. I., KANKAANPÄÄ, S., KLEIN, R. J. T., LAVOREL, S., LINDNER, M., METZGER, M. J., MEYER, J., MITCHELL, T. D., REGINSTER, I., ROUNSEVELL, M., SABATÉ, S., SITCH, S., SMITH, B., SMITH, J., SMITH, P., SYKES, M. T., THONICKE, K., THUILLER, W., TUCK, G., ZAEHLE, S. und ZIERL, B., (2005): Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global change in Europe. In: Science: 310, 13333-1337.

SCHOLZ G., QUINTON, J.N. und STRAUSS, P. (2008): Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations. In: CATENA: 72, 91-105.

SLAYMAKER, O., SPENCER, T. und DADSON, S., (2009): Landscape and landscape-scale processes as the unfilled niche in the global environmental change debate: an introduction. In: Slaymaker, O., T. Spencer und C. Embleton-Hamann, (Eds.): Geomorphology and Global Environmental Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2-36.

SLAYMAKER, O., SPENCER, T. und EMBLETON-HAMANN, C., (2009): Geomorphology and Global Environmental Change. Cambridge University Press. Cambridge.

SOLAW, F.-. (2011): The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW) - Managing Systems at Risk. Routledge Taylor & Francis Group. Rome & London.

SONNEVELD, B. G. J. S. und DENT, D. L., (2009): How good is GLASOD? In: Journal of Environmental Management: 90, 1, 274-283.

STEFFEN, W., SANDERSON, A., TYSON, P., JÄGER, J., MATSON, P., MOORE III, B., OLDFIELD, F., RICHARDSON, K., SCHELLNHUBER, H. J., TURNER II, B. L. und WASSON, R. J., (2004): Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure. Springer Verlag. Berlin - Heidelberg.

STRAUSS, P., (2003): Probleme bei der Ermittlung von Bodenerosion in unterschiedlichen Maßstabsbereichen. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Wien, S. 96-105. http://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/index.php?section=dafneplus&content=result&come_from=&&project_id=1151. 20.04.2012.

TERRANOVA, O., ANTRONICO, L., COSCARELLI, R. und IAQUINTA, P., (2009): Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). In: Geomorphology: 112, 228-245.

TIFFEN, M., MORTIMORE, M. und GICHUKI, F., (1994): More People, Less Erosion: Environmental Recovery in Kenya. Wiley. Chichester.

TOBLER, W., DEICHMANN, V., GOTTSEGEN, J. und MALOY, K., (1995): RISK - Risk of human induced Water Erosion (Overlay of Water Erosion map & Population density map) Resources, U.-N.-S. S. D.-W. S. The global demography project: Technical Report TR-95-6. National Center for Geographic Information analysis. Washington D.C. Univ. Santa Barbara. PhD.thesis, <http://soils.usda.gov/use/worldsoils/mapindex/eh2orisk.html>. 20.04.2012.

TOY, T. J., FOSTER, G. R. und RENARD, K. G., (2002): Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. John Wiley & Sons, Inc. . New York.

TURNER II, B. L., KASPERSON, R. E., MEYER, W. B., DOW, K. M., GOLDING, D., KASPERSON, J. X., MITCHELL, R. C. und RATICK, S. J., (1990): Two types of global environmental change: Definitional and spatial-scale issues in their human dimensions. In: Global Environmental Change: 1, 1, 14-22.

TURNER II, B. L. und MEYER, W. B., (1994): Global Land-Use and Land-Cover Change - An Overview. In: Turner II, B. L.und W. B. Meyer, (Eds.): Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective. Cambridge University Press Cambridge, 1-3.

TURNER, M.G., (1989): Landscape ecology: The effect of pattern on process. In: Annual Review of Ecology and Systematics: 20, 171-197.

UNPFA, (2011): PhD.thesis, <http://www.unfpa.org/pds/trends.htm>.

VALENTIN, C., (1996): Soil erosion under global change. In: Walker, B.und W. Steffen, (Eds.): Global Change and Terrestrial Ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, 317-338.

VALENTIN, C., (1998): Toward an improved predictive capability for soil erosion under Global Change. In: Boardman, J.und D. Favis-Mortlock, (Eds.): Modelling soil erosion by water. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop "Global Change: Modeling Soil Erosion by Water". Springer Verlag, Berlin, 7-16.

VANACKER, V., GOVERS, G., POESEN, J., DECKERS, J., DERCON, G. und LOAIZA, G., (2003): The impact of environmental change on the intensity and spatial pattern of water erosion in a semi-arid mountainous Andean environment. In: CATENA: 51, 329-347.

VAN ROMPAEY, A. J. J., GOVERS, G., VAN HECKE, E. und JACOBS, K., (2001): The impacts of land use policy on the soil erosion risk: a case study in central Belgium. In: Agriculture, Ecosystems & Environment: 83, 1-2, 83-94.

WALLING, D. E., (2009): The Impact of Global Change on Erosion and Sediment Transport by Rivers: Current Progress and Future Challenges. International Sediment Initiative of UNESCO and IHP, <http://www.irtces.org/isi/>. 10.04.2012.

WALLING, D. E. und WEBB, B. W., (1983): Patterns of sediment yield. In: Gregory, K. J., (Eds.): Background to palaeohydrology. Wiley, Chichester, 69-100.

WARREN, A., BATTERBURY, S. und OSBAHR, H., (2001): Soil erosion in the West African Sahel: a review and an application of a "local political ecology" approach in South West Niger. In: Global Environmental Change: 11, 79-95.

WARREN, A., OSBAHR, H., BATTERBURY, S. und CHAPPELL, A., (2003): Indigenous view of soil erosion at Fandou Béri, southwestern Niger. In: Geoderma: 111, 439-456.

WARRICK, R. und FARMER, G., (1990): The greenhouse effect, climatic change and rising sea levels: implications for development. In: Transactions - Institute of British Geographers: 15, 5-20.

WBGU, (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Verlag, E., Bonn, <http://www.wbgu.de/>. 10.04.2012.

WEI, J., ZHOU, J., TIAN, J., HE, X. und TANG, K., (2006): Decoupling soil erosion and human activities on the Chinese Loess Plateau in the 20th century. In: CATENA: 68, 10-15.

WILLIAMS, J., NEARING, M., NICKS A., SKIDMORE, E., VALENTIN C., KING K. und SAVABI, R., (1996): Using soil erosion models for global change studies. In: Journal of Soil and Water Conservation: 51, 5, 381-385.

YAN, H., LIU, J., HUANG, H. Q., TAO, B. und CAO, M., (2009): Assessing the consequence of land use change on agricultural productivity in China. In: Global and Planetary Change: 67, 1-2, 13-19.

YANG, D., KANAE, S., OKI, T., KOIKE, T. und MUSIAKE, K., (2003): Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes. In: Hydrological Processes: 17, 2913–2928.

ZEPP, H., (2004): Geomorphologie Ferdinand Schöningh. Paderborn.

ZHANG, Q.-J., FU, B.-J., CHEN, L.-D., ZHAO, W.-W., YANG, Q.-K., LIU, G.-B. und GULINCK, H., (2004): Dynamics and driving factors of agricultural landscape in the semiarid hilly area of the Loess Plateau, China. In: Agriculture, Ecosystems & Environment: 103, 3, 535-543.

ZHANG, X.C. und NEARING, M.A., (2005): Impact of climate change on soil erosion, runoff, and wheat productivity in central Oklahoma. In: CATENA: 61, 185-195.

ZHANG, X.C. (2006): Spatial sensitivity of predicted soil erosion and runoff to climate change at regional scales. In: Journal of Soil and Water Conservations: 61 (2), 58-64.

ZHANG, Y.-G., NEARING, M.A., ZHANG, X.-C., XIE, Y. und WEI, H., (2010): Projected rainfall erosivity changes under climate change from multimodel and multiscenario projections in Northeast China.

Auflistung der Internetseiten- wiederholtes Update des Wissenstand (letzter Zugriff: 30.09.2012)

ISRIC World Soil Information <http://www.isric.org/>

International Union of Soil Sciences <http://www.iuss.org/>

International Sediment Initiative ISI <http://www.irtces.org/isi/>

ISRIC World Soil Information <http://www.isric.org/>

International Institute of Applied Systems Analysis <http://www.iiasa.ac.at/>

Food and Agriculture Organization www.fao.org

Lebenslauf

Angaben zur Person

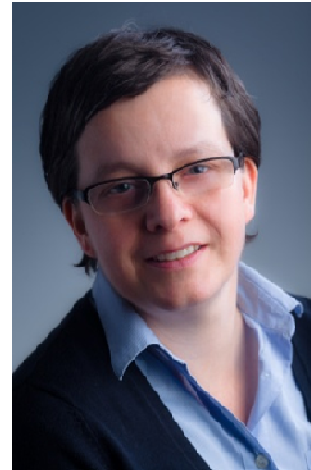
Bettina Pasch

Schulgasse 79/13

1180 Wien

0680/3010730

bettina.pasch@gmx.at



Staatsbürgerschaft

Österreich

Geburtsdatum

27.09.1969

Familienstand

verheiratet; 1 Sohn

Ausbildung

März 2004 - Abschluss Herbst 2012

Diplomstudium Theoretische und Angewandte Geographie

Hauptschwerpunkt: Landschaftsökologie und Naturraumanalyse

Gebundene Wahlfächer: Angewandte Geomorphologie

Geoinformation und Visualisierung

Universität Wien

Institut für Geographie und Regionalforschung Universitätsstraße 7, 1010 Wien

März 2012 - Juni 2012

Lehrgang Projektmanagement (WIFI-Zertifiziert)

Wirtschaftsförderungsinstitut der Wirtschaftskammer Wien

September 2003

Abschluss Berufsreifeprüfung

2002 - 2003

Vorbereitungskurs Berufsreifeprüfung

WIFI Wien, 1180

1988 - 1992

Fachberufsschule für Optik, Fotografie, Hörakustik, 6060 Hall in Tirol

1976- 1988

Volks- und Hauptschule Kremsmünster

Bundeshandelschule Kirchdorf/Krems

Berufstätigkeit	
<i>Zeitraum</i>	seit März 2010
<i>Beruf</i>	Verwaltungsangestellte (geringfügig)
<i>Name, Adresse Arbeitgeber</i>	DZU Diagnose Zentrum Urania, Laurenzerberg 2, 1010 Wien
<i>Zeitraum</i>	2009 - Jänner 2012
	Karenz
<i>Zeitraum</i>	15.5.2010 - 05.07.2010
<i>Funktion</i>	Praktikantin
<i>Tätigkeiten</i>	Recherche u. Qualitätsprüfung von Erhebungen in Umweltverträglichkeit Auswertung nach definierten Kriterien, Mitarbeit Projekt Abschlussberichte
<i>Name, Adresse Arbeitgeber</i>	Umweltbundesamt , Abt. Kompetenzzentrum Boden & Flächenmanagement, Brigittenauer Lände 50-54, 1203 Wien
<i>Zeitraum</i>	Februar 2010
<i>Funktion</i>	Praktikantin
<i>Tätigkeiten</i>	Stakeholder Fragebogenauswertung, Mitarbeit bei Testing Scenarios Präsentationserstellung der Ergebnisse
<i>Name, Adresse Arbeitgeber</i>	Umweltbundesamt , Abt. Kompetenzzentrum Boden & Flächenmanagement, Brigittenauer Lände 50-54, 1203 Wien
<i>Zeitraum</i>	1988 - 2011
<i>Beruf</i>	Optikerin
Fähigkeiten und Kenntnisse	
<i>Sprachen</i>	Deutsch (Muttersprache) Englisch (Wort und Schrift)
<i>Computerkenntnisse</i>	Microsoft Office Tools, ESRI ArcInfo, SPSS , R Adobe Photoshop