

1 Zur Geschichte der Bodenerosion und ihrer Erforschung

Gerd Schmidt, Michael Zierdt und Manfred Frühauf

Die systematische, wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Problem der Bodenerosion kann auf eine rund 130 jährige Geschichte zurückblicken. Im Verlauf dieses Zeitraumes entstand eine so große Zahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen, dass allein in Deutschland mehrere Bibliographien damit gefüllt sind (Streumann & Richter, 1966; Hansen et al., 1977). Das vorliegende Kapitel kann natürlich nicht dem Anspruch einer umfassenden Abhandlung der Geschichte der Bodenerosionsforschung gerecht werden. Es ist jedoch das Anliegen der Verfasser, einen kurzen Abriss der wesentlichen Etappen der Erforschung der Bodenerosion vorzulegen. Dabei konzentrieren sich die Darstellungen besonders auf Deutschland, ohne jedoch die internationalen Entwicklungen aus dem Blick zu verlieren.

1.1 Vom Neolithikum bis zur Industrialisierung

Mit Beginn der Sesshaftwerdung im Neolithikum (5500 bis 3500 v. Chr) begann auch die Geschichte der anthropogen bedingten Bodenerosion. Es war aber nicht der Ackerbau, der die ersten Erosionsspuren hervorrief, es waren Viehzucht, Weidewirtschaft und Holznutzung. Der Ackerbau entwickelte sich zuerst in den großen Flusstälern Mesopotamiens als Bewässerungsfeldbau. Der in historischer Zeit übliche Einstau von Wasser auf den Ackerflächen führte zur Verminderung der Fließgeschwindigkeit und damit zur Sedimentation von Material, also zum genauen Gegenteil der Erosion.

Anders ist die Situation bei der Weide- und Holzwirtschaft. Hier wird die den Boden schützende Pflanzendecke zumindest teilweise entfernt und der Boden im Falle von Niederschlag anfällig für Erosion. Sprichwörtlich sind die Zedern des Libanon, die zunächst dem Schiffbau und dann den Ziegen zum Opfer gefallen sind.

Der Ackerbau wird erst zur Ursache von Erosion, als er in Gebiete vordrang, in denen Regenfeldbau möglich war. Sich ausbreitend aus den Regionen des altweltlichen Trockengürtels, vor allem aus den Gebieten des fruchtbaren Halbmondes, gelangte der Ackerbau entlang des europäischen Lößgürtels auch nach Mitteldeutschland, wo er spätestens 1600 v. Chr. angekommen sein muss, wie die Himmelsscheibe von Nebra bezeugt. Auch jetzt führte der Ackerbau nicht zwangsläufig zu Bodendegradation und Erosion, im Gegenteil, die Schwarzerden blieben gerade deshalb erhalten, weil der eigentlich hier stockende Laubwald episodisch gerodet wurde, um temporären ackerbaulichen Nutzpflanzen Platz zu machen. Die Landwirtschaft wurde bis zur Völkerwanderung als eine Art Wanderfeldbau betrieben, allerdings mit Wanderzeiten, die einige Jahrzehnte umfassten. Erst die Nutzung der Mittelgebirge und ihre fast vollständige Entwaldung führten zu einer starken erosiven Tätigkeit (Bork et al., 1998; Küster, 1995). Als durch die Einführung der Kartoffel Ackerbau auch in den höheren und steileren Lagen der Gebirge möglich wurde, nahm die Erosion einen weiteren Aufschwung.

Es gab aber jetzt auch Versuche, der Erosion entgegen zu wirken, noch heute sind in den Mittelgebirgen die terrassierten Hänge deutlich zu erkennen. Außerdem wurde in der Winterzeit das abgespülte Erdreich, das sich am Hangfuß akkumulierte, wieder auf die Äcker getragen. Als wissenschaftliches Problem wurde die Erosion aber nicht erkannt, Deutschland befand sich auf dem Wege in die Industrialisierung.

1.2 Bodenerosionsforschung nach der Industrialisierung

1.2.1 Russland

Während England, Deutschland und andere Nationen ihr Hauptaugenmerk auf die Entwicklung der Industrie legten, wandte sich Russland mit dem Panславismus verstärkt der Landwirtschaft zu. Dabei wurde eine Inventarisierung der Raumausstattung vieler russischer Gouvernements durchgeführt, die auch eine Bodenaufnahme beinhaltete. Bei diesen Arbeiten entdeckte der russische Naturwissenschaftler W.W. Dokutschajev die geographischen Gesetzmäßigkeiten der Verbreitung von Bodentypen und begründete so die Bodengeographie (Dokutschajev, 1888). Von besonderem Interesse bei der Inventarisierung war natürlich das fruchtbare Schwarzerdegebiet. Als eine der ersten Arbeiten zum russischen Schwarzerdegebiet erschien 1876 der Aufsatz: „Owra¹ und ihre Bedeutung“ (in russisch). Mit welcher ökologischer Weitsicht Dokutschajev seine Forschungen betrieb, zeigt ein nächster Aufsatz, 1888 erschienen: „Methoden der Erforschung der Frage: Waren vordem Wälder in den südrussischen Steppengebieten?“ (in russisch). In der bekannten Arbeit „Unsere Steppen vormals und jetzt“ entwickelte Dokutschajev 1892 auf der Grundlage seiner reichen Erfahrungen einen komplexen Plan von Maßnahmen gegen Dürren und für die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit. Es ging hierbei um die Wiederherstellung der Krümelstruktur der Schwarzerde, um die Errichtung von Windschutzstreifen (russ. Feldschutzstreifen), um Schneeakkumulation, die Regulierung des Schmelzwasserflusses und um eine Bodenbearbeitung, die den Erhalt einer maximalen Bodenfeuchte sichern sollte. Diese theoretischen Überlegungen wurden begleitet von der Einrichtung von Untersuchungsfeldern in geographisch unterschiedlichen Regionen. Hier wurde mit konkreten Formen der Bewässerung und der Nutzung der Schneedecke als Quelle der Bodenfeuchte experimentiert, verschiedene Formen der Waldschutzstreifen zur Feuchteregulierung erprobt und Maßnahmen zum Kampf gegen Bodenerosion entwickelt.

1.2.2 Nordamerika

Der Blick nach Nordamerika zeigt, dass die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Bodenerosionsphänomenen gleichermaßen im Zusammenhang mit der Konversion der Steppengebiete steht. Die intensive ackerbauliche Nutzung der nordamerikanischen Prärien setzte ebenfalls in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit der sich nach Westen ausbreitenden Landnahme durch europäische Siedler ein (Richter, 1998). Damit einher ging die systematische Bodendegradation und Erhöhung der Erosionsdisposition, die unter den steppenklimatischen Bedingungen des mittleren Westens zum Phänomen des *dust bowl*² führten. Aufgrund der großen ökologischen und ökonomischen Dimensionen des Problems begann das Bureau of Soils (Bodenbüro) beim U.S. Department of Agriculture (US Landwirtschaftsministerium) im Jahr 1899 mit gezielten Bodenaufnahmen und der Unterstützung der Landwirtschaft in Fragen der Bodenfruchtbarkeit.

Die Bodenerosionsforschung wurde besonders von H. H. Bennett vorangetrieben. Nach Feldforschungen in Virginia im Jahr 1905 gelangte er zu der Einsicht, dass „... Bodenerosion nicht nur ein Problem des einzelnen Farmers sei, sondern eine Gefährdung für die gesamte amerikanische Lebensmittelproduktion darstelle“. 1909 wurde er zum Inspektor der Bodenkundlichen Aufnahme der südlichen Vereinigten Staaten und trieb dabei die Untersuchungen zur Bodenerosion weiter voran. In diesem Zusammenhang wurden von ihm umfassende Abhandlungen zur Problematik der Bodenerosion verfasst (Bennett, 1939). Nicht zuletzt aufgrund der besonderen Bemühungen von H.H. Bennett wurde die Passage in den Soil Conservation Act (Bodenschutzgesetz) vom 27. April 1935 aufgenommen, die die Gründung des Soil Conservation Service (SCS) forderte, dessen Direktor er bis zu seiner Pensionierung im Jahr 1951 war.

Im Rahmen der Feldforschungen wurde in den USA eine der ersten Bodenerosionsmessstation im Jahre 1917 errichtet (Smith, 1958), auf deren Basis Wishmeyer & Smith (1961) mit der USLE

¹Erosionsgräben, Anm. d. A.

²Mit *dust bowl* (wörtlich übersetzt *Staubschüssel*) werden vor allem landwirtschaftlich genutzte Gebiete in den USA und Kanada bezeichnet, die insbesondere in den 30er Jahren von verheerenden Staubstürmen betroffen waren.

(Universal Soil Loss Equation) ein Modell zur Erosionsprognose erstellen. Mit Beginn der 30er Jahre des 20. Jahrhunderts setzte eine verstärkt experimentelle Untersuchung der Steuergrößen des Erosionsprozesses ein. Diese Tradition wird vom USDA in so genannten „experimental watersheds“ noch heute fortgesetzt. Drei dieser Einzugsgebiete zur Untersuchung der Effekte der Landbewirtschaftung auf die Bodenerosion in Texas, Ohio und Nebraska sind seit Ende der 30er Jahre kontinuierlich in Betrieb und haben einen unschätzbaren Datenfundus zur Kalibration und Validierung von Modellen geschaffen.

1.2.3 Deutschland

Ebenfalls in den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts setzte die systematische wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Bodenerosion in Deutschland ein. In diesem Jahr wurde die Sektion Bodenerosion in der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft eingerichtet. Die Bodenerosionsforschung dieser Zeit ist eng mit dem Namen Hans Kuron verbunden, der neben der Beschreibung und Analyse des Erosionsprozesses auch wesentliche Arbeiten über die Geschichte der Bodenerosionsforschung in Deutschland vorlegte (Kuron, 1954, 1976).

In der Folgezeit entstand eine Vielzahl von Aufsätzen, die sich mit der Erosionsproblematik auseinandersetzten, so dass bereits mit Streumann & Richter (1966) eine erste Bibliographie zum Thema publiziert werden konnte. Die Zeit nach dem zweiten Weltkrieg war gekennzeichnet von dem Bestreben, eine systematische Bodenerosionskartierung in Deutschland durchzuführen. Diese Bodenkartierung wurde von Große (1950) in der Magdeburger Börde begonnen. Die Bodenerosionskartierungen wurden in beiden deutschen Staaten intensiviert und führten zur Erstellung der Bodenerosionskarte der Bundesrepublik Deutschland (Richter, 1965) und der Bodenerosionskarte der DDR (Kugler, 1976). Auf deren Basis entstand dann die Karte der erosionsgefährdeten Gebiete im Atlas der DDR (AdW, 1981).

Neben den umfangreichen Kartierarbeiten wurde die Entwicklung von experimentellen Methoden zur Erfassung der Bodenerosion im Gelände mit Beginn der 1950er Jahre weiter vorangetrieben. So publiziert Schultze (1952) seine auf Messungen in Testgebieten bei Jena gewonnenen Ergebnisse zur Bodenerosion in Thüringen. Ähnliche Erkenntnisse werden von Kuron et al. (1956) auf der Basis von Untersuchungen bei Gießen veröffentlicht.

In der Folgezeit kommt es zur Einrichtung von Erosionsmessparzellen in verschiedenen Regionen Deutschlands (Richter, 1965, 1998). Die Arbeit mit den Messparzellen hatte zu diesem Zeitpunkt jedoch den Nachteil, dass sie vom natürlichen Niederschlagsgeschehen abhängig waren. Damit war eine komplexe Analyse der den Erosionsprozess steuernden Faktoren in ihre Amplitude erst nach langjährigen Datenerhebungen im Gelände möglich. Eine Möglichkeit, die Untersuchungszeiträume für solche Betrachtungen zu verkürzen, stellte der Einsatz von Regensimulatoren dar, mit denen Dauer, Intensität und Tropfengröße von Niederschlag nachgestellt werden konnten. Die aufwändigen Felduntersuchungen dienten zum einen der Untersuchung der Wirkung einzelner Steuergrößen (Niederschlag, Hangneigung, Boden) im Erosionsprozess und zum anderen der Überprüfung der Gültigkeit/Anwendbarkeit der USLE in Europa (Auerswald, 1984; Saupe, 1985; Schwertmann et al., 1987). Das übergeordnete Ziel der detaillierten Bodenerosionsuntersuchungen bestand in der Entwicklung von Vorhersageinstrumenten zum Ausmaß der Bodenerosion und zur Abschätzung der Wirkung von Gegenmaßnahmen (Erosionsschutz).

1.2.4 Von der exemplarischen Untersuchung zum Systemansatz

In den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts fand ein genereller Paradigmenwechsel in der Erosionsforschung statt, der zwei wesentliche Entwicklungsrichtungen für die Bodenerosionsforschung aufzeigte. Einerseits löste man sich zunehmend von der rein bodenkundlichen Betrachtung der Erosionsphänomene und betrachtete die Bodenerosion als Bestandteil des komplexen landschaftlichen Wasser- und Stoffhaushaltes. Dies beinhaltete auch die Betrachtung des Bodenabtrags als Quelle der stofflichen Belastung von Gewässern. Andererseits konzentrierten sich die wissenschaftlich-methodischen Arbeiten auf die Entwicklung von Simulationsmodellen als Werkzeuge

der Erosionsprognose. Die zur Verfügung stehenden neuen Informationstechnologien boten hierfür eine wichtige Voraussetzung.

Neben der Weiterentwicklung (RUSLE, Renard et al., 1991, 1997), Modifizierung (MUSLE, Williams & Berndt, 1977) und Transformation der USLE (ABAG, Schwertmann et al., 1987) wurden zunehmend Anstrengungen unternommen, die auf empirischen Grundlagen entwickelten Prognosewerkzeugen durch physikalisch basierte Ansätze zu ergänzen. Dies war vor allem deshalb notwendig, da die USLE und ihre Nachfolger nur eine Vorhersage des mittleren langjährigen Bodenabtrages zuließen. Die ganzheitliche Betrachtung des Erosionsprozesses als Bestandteil des landschaftlichen Wasser- und Stoffhaushaltes erforderte eine komplexere Herangehensweise, die außer dem Bodenabtrag auch die Transportprozesse und die Akkumulation mit berücksichtigt. Beispielgebend hierfür sind die Modellsysteme AGNPS (Young et al., 1989), ANSWERS (Beasley et al., 1980), WEPP (Laflen et al., 1989), Erosion 2D/3D (Schmidt et al., 1996) und EUROSEM (Morgan et al., 1998). Diese Modelle sind in der Lage, den Erosionsprozess physikalisch determiniert zu simulieren und damit auch Vorhersagen für Einzelereignisse zu treffen und den Wirkungspfad der Erosion bis in die Akkumulationsbereiche nachzuvollziehen.

Die flächenhafte Anwendung dieser komplexen Simulationsmodelle wurde durch die bessere Verfügbarkeit von Modelleingangsdaten ermöglicht. Diese zunehmend bessere Verfügbarkeit von Flächendaten wurde vor allem durch die Entwicklungen auf dem Gebiet der Geofernerkundung gewährleistet. Jedoch sind Fernerkundungsinformationen allein nicht ausreichend, um einen adäquaten Einsatz von Erosionsmodellen zu gestatten. Es bedarf immer noch umfangreicher terrestrischer Datenerfassungen (Bodenfeuchte, k_f -Werte, nF_k), um Modelle hinreichend parametrisieren zu können. Ein weiterer Schwerpunkt aktueller Forschungen richtet sich auf die Aussagegenauigkeit der Modellvorhersagen. Dabei wird sich vor allem auf die Weiterentwicklung von statistischen Werkzeugen zur Beschreibung von Modellunsicherheiten konzentriert. Ein offenes Problem ist in diesem Zusammenhang das Fehlen von gemessenen Validierungsdaten zum erosiven Stofftransport und des Prozessgeschehens im Übergangsbereich vom terrestrischen zum aquatischen System, die zur Bestimmung der Modellgüte unerlässlich sind (Volk et al., 2009b).

Neben den Forschungsarbeiten, die sich auf die Weiterentwicklung der Simulationsmodelle konzentrieren, rücken heute vor allem die Probleme des Wirkungsgefüges von Bodenerosion und Stoffeintrag in Gewässer sowie des Einflusses des Klimawandels auf die Art und Intensität der Bodenerosion zunehmend in den Fokus der Wissenschaft. Dies ergibt sich nicht zuletzt aus den aktuellen gesellschaftlichen Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes. In der Schaffung von regionalen Datenbasen zur Modellvalidierung und dem besseren Verständnis der Prozesse im Übergangsbereich der Abtragsflächen zum Gewässer, sehen die Verfasser wesentliche zukünftige Betätigungsfelder für die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Problem der Bodenerosion. Darüber hinaus werden die ökonomische Entwicklung und der globale Klimawandel als Triebkräfte der Bodenerosion die Wissenschaftler unterschiedlicher Fachdisziplinen zur weiteren interdisziplinären Auseinandersetzung mit dem Phänomen anregen.