

Teil 2 – Die Beschreibung der Landschaft

Wie in der Begriffsbestimmung dargelegt, ist die Landschaft das kognitive Bild eines von der Natur vorgegebenen und vom Menschen beeinflussten und gestalteten Ausschnitts des Realraums. Daher besitzt sie einen materiellen Aspekt, welcher in der landschaftsarchäologischen Praxis beschrieben werden muss. Auch wenn Natur und Kultur nicht unabhängig voneinander existieren können, wie in Kapitel 3.5.1 argumentiert wurde, so erscheint es in der Praxis notwendig, eine analytische Trennung vorzunehmen. Ansonsten wäre eine Herausarbeitung der Wechselwirkung nicht möglich, und ökologische Fragestellungen nicht zu beantworten. Der zu beschreibende physisch-reale Faktor der gegenwärtigen oder archäologischen Landschaft wird deshalb in zwei Komponenten unterschieden, die in der Folge als *physische* und als *kulturelle Struktur der Landschaft* bezeichnet werden.

Die physische Struktur der Landschaft lässt sich anhand der vier Sphären – Atmosphäre, Lithosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre – charakterisieren. Sie ist als natürliche Um-

welt des Menschen ein wichtiger Teil seiner das Denken und Handeln beeinflussenden Rahmenbedingungen. Die Bevölkerung eines Gebietes nutzt die natürliche Umwelt individuell oder in kleineren Gruppen bzw. größeren Verbänden und gestaltet sie gemäß ihren Bedürfnissen und Vorstellungen. Es entsteht die kulturelle Struktur der Landschaft, welche eine materielle Ausprägung besitzt, und zugleich eine Reflexion der wirtschaftlichen, sozialen, politischen oder religiösen Werte, Traditionen und Praktiken ihrer Erschaffer ist. In ihrem zeitlichen Fortbestand wird die kulturelle Struktur ein weiterer Teil der Rahmenbedingungen für künftiges Handeln.

Physische und kulturelle Struktur der Landschaft sind dynamisch, beeinflussen sich gegenseitig und können deshalb nicht klar getrennt werden. Gleichwohl sollen sie im Folgenden einzeln und ausführlich dargestellt werden, da sie die Grundlage landschaftsarchäologischen Arbeitens bilden. Ihr Erkennen und ihre Beschreibung ist eine Voraussetzung für jede Form landschaftsarchäologischer Analyse.

6. Physische Struktur der Landschaft

6.1 Atmosphäre und Klima

Das Klima ist ein wichtiger Bestandteil der physischen Landschaftsstruktur und trägt durch seinen ständigen Wandel auch wesentlich zur Umgestaltung der Landschaft bei. Im Gegenzug kann auch eine anthropogen verursachte Veränderung der Landschaft neue lokale Klimaverhältnisse erzeugen. Im Folgenden sollen nun einige Faktoren dieser Wechselwirkung erläutert und ihre Bedeutung für die landschaftsarchäologische Analyse diskutiert werden.

6.1.1 Die Atmosphäre

Die Atmosphäre ist eine Hülle aus Gas, welches aufgrund der Schwerkraft der Erde nicht in das Weltall entweichen kann. Sie ist etwa 1.000 bis 3.000 km mächtig (LUDWIG 2006, 9). Innerhalb der Atmosphäre unterscheidet man verschiedene vertikale Schichten (von unten nach oben: Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre und Thermosphäre – GOUDIE 2002, 41). Die Troposphäre hat eine Dicke von etwa 6 (an den Polen) bis 16 km (am Äquator) und ist jene Zone, in der unsere täglichen Wetterphänomene stattfinden. Sie besteht zum Großteil aus einem Gasgemisch, welches sich zum überwiegenden Teil aus Stickstoff (78 %) und Sauerstoff (21 %) zusammensetzt (ENDLICHER 2007c, 196). Argon, Kohlendioxid, Ozon und andere Spurengase spielen trotz ihres geringen Prozentsatzes eine nicht unwesentliche Rolle für die Biosphäre. So absorbiert z. B. das Ozon, welches in etwa 20 bis 30 km Höhe die sogenannte Ozonschicht in der unteren Stratosphäre bildet, den von der Sonne ausgestrahlten kurzweiligen Anteil des UV-Lichtes. Überhaupt ist die Erdatmosphäre für elektromagnetische Strahlung unterschiedlichster Wellenlängenbereiche undurchlässig (vgl. Kapitel 2.3.1.2). Es gibt nur wenige, so genannte „atmosphärische Fenster“, welche Licht bestimmter Wellenlängen bis zur Oberfläche vordringen lassen (ALBERTZ 2007, 14 f.). Neben den Gasen besteht die Troposphäre zu einem geringeren, variablen Anteil aus kleinen Wassertropfen (beziehungsweise Eiskristallen) und den sogenannten Ae-

rosolen (schwebende Partikel, meist Staub, Rauch, Mikroorganismen). Ihnen kommt in der Fernerkundung aufgrund ihrer Streuwirkung auf das sichtbare Licht Bedeutung zu (vgl. Kapitel 10.3.1.6).

6.1.2 Wetter, Witterung und Klima

Die Sonne sendet elektromagnetische Strahlung unterschiedlichster Wellenlängen aus. Der Anteil der Strahlung, welcher zur Erde gelangt, wird an der Erdatmosphäre zum Teil reflektiert (gerichtet und gestreut) oder absorbiert (vgl. Kapitel 10.3.1.3). Der transmittierende Rest, welcher an der Erdoberfläche ankommt, wird als „Globalstrahlung“ bezeichnet (ENDLICHER 2007b, 201).

Die Wärme aus der Globalstrahlung erwärmt die Erdoberfläche aufgrund von variierenden Bodenverhältnissen (Relief) und Bodenbedeckung (Feld mit oder ohne Vegetation, Wald, Ortschaft, Gewässer etc.) in unterschiedlichem Ausmaß. Die Bodenwärme hat auch direkten Einfluss auf die Lufttemperatur. Diese ist daher horizontal unterschiedlich verteilt, was durch die höhere Dichte warmer Luftmassen zu räumlich unterschiedlichem Luftdruck führt.

Die unterschiedlichen Luftdruckverhältnisse erzeugen die Gradientenkraft, welche gemeinsam mit der Corioliskraft (Erdrotation) und der Reibungskraft (aufgrund der Beschaffenheit der Erdoberfläche) kleinräumige (z. B. Wald-Feld-Windsystem), aber auch großräumige Luftströmungen mit horizontalen und vertikalen Komponenten entstehen lassen (SÖNNING, KEIDEL 1998, 23 f.; BECK 2007b, 231). Das Aerosol und vor allem die von der Erdoberfläche verdunsteten kleinen Wassertropfen sind in der Atmosphäre unterschiedlich dicht verteilt (etwa als Dunst oder Wolken) und werden über die Luftströmungen bewegt. Winde können also nicht nur warme oder kalte, sondern auch feuchte oder trockene bzw. „verschmutzte“ Luftmassen bringen.

Lufttemperatur, Feuchtigkeit und Luftdruck sind die drei bestimmenden Faktoren für das Wetter, welches von den Menschen aufgrund von Sonnenschein, Bewölkung,

Niederschlag, Temperatur und Wind wahrgenommen wird. Im deutschsprachigen Raum unterscheidet man Wetter, Witterung und Klima (GLASER 2007a, 190):

Wetter: der momentane Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort.

Witterung: der Wetterverlauf innerhalb eines bestimmten Zeitraumes.

Klima: die mittleren Werte der Witterung an einem bestimmten Ort.

Wetter spielte im täglichen Leben der Menschen eine extrem wichtige Rolle, sein Einfluss ist direkt spürbar. Man kann davon ausgehen, dass der (prä-)historische Mensch durch Beobachtung der Natur (Wolkenformationen, Windrichtung, Verhalten von bestimmten Tieren etc.) bedingt Prognosen für den Wetterverlauf der folgenden Tage erstellen konnte. Der Begriff „Witterung“ findet im englischen Sprachraum keine Anwendung (STRÖMMER 2003, 11). Das Klima wird anhand von unterschiedlichen Variablen der Atmosphäre gemessen und beschrieben (Temperatur, Niederschlag, vorherrschende Windrichtungen etc.). Diese sogenannten Klimaelemente werden durch zahlreiche Klimafaktoren beeinflusst: etwa durch Sonnenaktivität, Höhenlage, geografische Breite, Globalstrahlung, Präzession der Erdachse, Sonnenfleckenaktivität, Plattentektonik, Meeresströmungen, Distanz zum Meer, lokale Zusammensetzung der Erdatmosphäre, Vegetation oder Vulkanaktivitäten, um nur einige der bestimmenden Faktoren zu nennen (GLASER 2007b, 193).

Man unterscheidet mit Effektiver und Genetischer zwei Arten der Klimaklassifikation. Bei der effektiven Klassifikation werden die Grenzen des entsprechenden Klimas durch die Verbreitung bestimmter Vegetationsarten definiert (z. B. Baumgrenze). Genetische Klimaklassifikationen basieren in erster Linie auf den oben genannten Klimaelementen, welche zum Teil von großräumigen Zirkulationssystemen in der Erdatmosphäre bestimmt werden. Daneben gibt es noch Regional- und Lokalklimata mit räumlichen Ausdehnungen zwischen 100 m und 100 km. Diese entstehen durch kleinräumige Bedingungen der Topografie, der Vegetation oder auch der Bodentypen, welche sich auf die Lufttemperatur und den Niederschlag auswirken. Diese „Standortklimata“ reagieren besonders empfindlich auf anthropogene Veränderungen (BECK 2007b, 229).

Neben dieser räumlichen Dimension existiert auch die für den Archäologen besonders wichtige historische Dimension des Klimas. Wie aus der soeben genannten Liste der klimabestimmenden Faktoren ersichtlich, sind viele der aufgezählten Variablen nicht stabil. Vielmehr verändern sich die meisten von ihnen in unterschiedlich langen Zeiträumen (DINCAUZE 2000, 140–158). Einige Veränderungen

laufen zyklisch ab (etwa die Rotation der Erde um sich selbst und rund um die Sonne, die Sonnenfleckenaktivität oder die Präzession der Erdachse), andere verlaufen linear. Die Auswirkungen der einzelnen Faktoren lassen sich dabei oft nicht oder nur unzureichend erfassen, da sich die zyklischen und linearen Änderungen gegenseitig überlagern, verstärken oder abschwächen: Viele Faktoren stehen in einer komplexen Wechselwirkung zueinander. Dies bedeutet, dass auch das Klima nicht stabil sein kann, sondern sich ständig wandelt. Ist es schon schwierig, genaue Prognosen für den Wetterverlauf der nächsten Tage zu erstellen, so ist es ungleich schwieriger, das Klima zu verstehen und seinen zukünftigen Verlauf festzulegen.

Um diese historische Dimension zu erforschen, müssen die unterschiedlichen Paläoklimata eines Ortes rekonstruiert werden (DINCAUZE 2000, 163–187). Da das Klima an sich eine abstrakte Idee und somit nicht direkt beobachtbar ist (vgl. EVANS 2003, 96), bedient man sich unterschiedlichster Methoden, um ein ehemaliges Klima bzw. zumindest einige seiner Elemente anhand seiner Auswirkungen, welche sich in unterschiedlichen Gesteinen, Sedimenten, Eisablagerungen, Ökofakten oder historischen Texten etc. überliefert haben, zu rekonstruieren. Je nach zeitlichem Maßstab werden dabei unter anderem Meeresbohrkerne, Sedimentgesteine, Eisbohrkerne, Pollenproben, Paläoböden, Jahresringe von Bäumen, Warven oder historische Aufzeichnungen untersucht (DINCAUZE 2000, 178 ff.; GLASER 2008, 13–52).

6.1.3 Klima und Landschaft

Das Klima, welches zumindest in den lokalen Varianten von den anderen Komponenten der physischen Struktur beeinflusst wird, hat direkte Auswirkungen auf die Ausgestaltung der Umwelt. Nicht zuletzt deshalb ist eine effektive Klimaklassifikation, welche sich auf die Verbreitung bestimmter Vegetationstypen stützt, überhaupt möglich. Die Auswirkungen des Klimas bzw. Klimawandels beziehen sich auf alle anderen Sphären, betreffen jedoch primär Hydrosphäre und Biosphäre.

Bei einem über einen längeren Zeitraum konstanten Klima entstehen in der Natur üblicherweise stabile Gleichgewichtszustände. Diese werden im Zuge eines Klimawandels destabilisiert, was zu entsprechenden Veränderungen in der physischen Struktur der Landschaft führt. Eine durch den Klimawandel veränderte Umwelt hat natürlich auch Auswirkungen auf den Menschen. Unbestritten ist, dass landwirtschaftlich ausgerichtete Gesellschaften von Wetter, Witterung und Klima abhängig sind. Ein stabiler, in seinen Grundzügen vorhersagbarer alljährlicher Ablauf der Wetterphänomene ist Voraussetzung für das erfolgreiche Kultivieren von Getreide. Klima gilt somit als einer der be-

stimmenden Faktoren für die landwirtschaftliche Produktion und damit für die Lebensgrundlage der Bevölkerung (NÜSSER et al. 2005, 365).

Nicht zuletzt deshalb werden immer wieder klimatische Änderungen als mögliche Erklärung für sozialen und kulturellen Wandel herangezogen. Im Zuge der seit einigen Jahren omnipräsenten Berichterstattung um den momentan stattfindenden Klimawandel haben solche Erklärungsmodelle Hochkonjunktur (zuletzt u. a.: BEHRINGER 2008; FAGAN 2002; SIROCKO 2009; GLASER 2008; DIAMOND 2006; KANIEWSKI et al. 2008). Zudem zeichnen sich in letzter Zeit anhand der rapide anwachsenden Menge an Klimadaten Szenarios ab, in welchen es zu abruptem, rasch verlaufendem Klimawandel kommt (STEFFENSEN et al. 2008). Direkte, vom Klimawandel hervorgerufene Reaktionen (technischer und sozialer Wandel, Migration) der betroffenen Menschen werden immer häufiger argumentiert (ROWLAND 2008, 390). Rapp und Hill verweisen auf Arbeiten, welchen zufolge der Kollaps der Tiwanaku Zivilisation rund um den Titicaca-See oder der dramatische Bevölkerungsrückgang während der späten klassischen Periode der Maya aufgrund plötzlicher klimatischer Veränderungen ausgelöst worden seien (RAPP, HILL 2006, 190). Detlef Groneborn stellte eine Arbeitshypothese zur Diskussion, in welcher er eine Verbindung zwischen Klimawandel und den im Zuge der Neolithisierung stattfindenden sozialen Veränderungen sieht (GRONEBORN 2009). Der Klimawandel wird auch als wichtiger auslösender Faktor der Völkerwanderung herangezogen. Wolfgang Behringer bringt auch zahlreiche weitere Beispiele jüngerer Datums (BEHRINGER 2008). Er ist der Meinung, dass der Einfluss des Klimas auf die historischen Ereignisse der Menschheitsgeschichte viel größer war, als in archäologischen und historischen Kreisen bisweilen angenommen wird.

Inwieweit sich jedoch historische Ereignisse als direkte Folge klimatischer Veränderung argumentieren lassen, ist bislang nicht geklärt und wird mitunter höchst unterschiedlich gewertet. So kritisiert Dena Dincauze simple Kausalverhältnisse zwischen historischen Ereignissen und klimatischen Ursachen (DINCAUZE 2000, 188 ff.). Eine annähernde Gleichzeitigkeit zwischen großräumigen Ereignissen und klimatischen Veränderungen müsse nicht zwangsläufig ein kausales Verhältnis bedingen. Sie zeigt anhand des Ulmensterbens, welches am Übergang vom Atlantikum zum Subboreal vor etwa 5.000 Jahren stattfand, dass neben dem klimatischen Erklärungsmodell mindestens vier andere Modelle in Betracht gezogen werden können (darunter menschliche Übernutzung, Zurückdrängen durch Ausbreitung des Menschen, Bodendegradation, Krankheit). Die Theorie, welche das Klima als Verursacher sieht, wird heute in weiten Kreisen nicht mehr favorisiert. Rapp und Hill dis-

kutieren in diesem Zusammenhang auch das Aussterben der Großsäuger Nordamerikas am Ende der Eiszeit. Auch hier ist der Klimawandel als alleiniger Verursacher nicht mehr allgemein anerkannt. Vielmehr wird immer öfter die Beteiligung des (über)jagenden Menschen betont (RAPP, HILL 2006, 194).

Daher mahnt D. Dincauze zur Vorsicht vor allzu deterministischen Klimaszenarien (DINCAUZE 2000, 162). Dies soll nicht zwingend bedeuten, dass klimatische Ursachen keine auslösende Funktion für historische Ereignisse hätten. Dennoch tut der Archäologe gut daran, auch andere Szenarien und Möglichkeiten abseits vom Klimawandel in seine Ursache-Wirkung-Modelle mit einzubeziehen. So diskutiert John G. Evans das Fallbeispiel der mittelalterlichen und neuzeitlichen Besiedlung der Lammermuir Hills im Südosten Schottlands, welche von den klimatischen Verhältnissen her eine Randzone des Haferanbaus darstellen. Er argumentiert, dass eine klimatische Verschlechterung nicht zwingend zur Aufgabe von Siedlungen geführt haben musste, da ja auch die Gründe für die Besiedlung solcher klimatischer Randlagen nicht unbedingt ökonomisch bedingt sein müssen. Es wäre denkbar, dass man aus sozialen Gründen bewusst in klimatischen Randzonen siedelt:

„Far from being poorly adapted to these upland areas and living at the edge of subsistence levels, these farmers were actively using the marginality of the land to engender cooperation, greater social intercourse, opportunities for expression and the emergence of new ideas“ (EVANS 2003, 111).

So werden zum Beispiel für die Besiedlung Islands durch die Wikinger vor allem soziale Gründe angegeben: Demnach seien viele Siedler vor der finanziellen und rechtlichen Unterdrückung durch König Harald nach Island geflohen (BYOCK 1990, 53).

Natürlich haben Klima bzw. Klimawandel Auswirkungen auf die soziale Ebene. So zeigen kurzfristige klimatische Schwankungen und extreme Wetterereignisse neben den damit einhergehenden wirtschaftlichen Folgen auch soziale oder politische Konsequenzen (EVANS 2003, 219). Religiöse Deutungen von Hochwasserereignissen oder Dürren sind nicht nur aus dem jüdisch-christlichen Glauben überliefert und wurden von Gruppierungen mitunter gezielt zum Machtausbau oder zur Erreichung sonstiger eigener Interessen genutzt (vgl. BROWN 1997, 294; EVANS 2003, 98).

6.2 Lithosphäre

Die Lithosphäre ist die etwa 100 km dicke äußerste Schale der Erde und besteht aus der zwischen 5 und 40 km mächtigen Erdkruste und dem obersten, festen Erdmantel. Im Unterschied zum Erdkern und dem inneren Erdmantel ist sie relativ kühler, starrer und aus eher leichten chemi-

schen Elementen aufgebaut (PRESS, SIEVER 1995, 10 f.). Sie ist in etwa ein Dutzend Teile, den sogenannten Lithosphärenplatten zerbrochen, die sich auf der zähflüssigen Asthenosphäre treibend langsam in unterschiedliche Richtungen bewegen (Plattentektonik) (GOUDIE 2002, 14).

Die Lithosphäre setzt sich zum überwiegenden Teil aus leichten chemischen Elementen zusammen: Zu 99 % besteht sie aus nur 8 Elementen, welche der Häufigkeit nach Sauerstoff, Silicium, Aluminium, Eisen, Magnesium, Kalzium, Kalium und Natrium sind (PRESS, SIEVER 1995, 11, Abb. 1.8). Diese Elemente und deren Verbindungen sind die Grundbestandteile der Gesteine und Sedimente, welche im übertragenen Sinn als „Skelett“ unsere Landschaft prägen. Sie bilden somit die Oberfläche, auf der wir leben. Die Erdkruste stellt wichtige Ressourcen zur Verfügung: Sie beinhaltet die Rohstoffe unseres täglichen Lebens wie Salz, Ton, Metalle, Schotter, Bausteine oder Quarz.

Der in der Lithosphäre vorstattgehende Wandel vollzieht sich in unterschiedlichen zeitlichen Maßstäben. Je größer der Maßstab, desto längere Zeitspannen sind notwendig, um Veränderungen erkennen zu können. Während sich etwa die Mikrotopografie verhältnismäßig rasch wahrnehmbar verändern kann, vollzieht sich die Auffaltung oder Abtragung eines Gebirges so langsam, dass selbst mehrere Generationen keinen sichtbaren Wandel feststellen können (wenn man von vulkanischen Ereignissen absieht). Die von Alfred Wegener postulierte „Kontinentalverschiebung“ (heute benutzt man das Konzept der Plattentektonik) war bis vor wenigen Jahrzehnten eine vielfach belächelte Theorie. Die langsame Bewegung der Kontinente (so driften Europa und Amerika mit einer Geschwindigkeit von etwa 2 cm pro Jahr auseinander) konnte erst vor verhältnismäßig kurzer Zeit durch Messung und Kartierung der Magnetisierung des Meeresbodens überhaupt beobachtbar gemacht werden (PRESS, SIEVER 1995, 458; GOUDIE 2002, 10 ff.).

Im Rahmen der Landschaftsarchäologie scheint die Lithosphäre besonders wichtig, da sie jene Elemente beinhaltet, denen in den Auswertungen am meisten Raum gewidmet wird: Relief und Böden. Diese zählen neben der Nähe zu Wasser zu den am häufigsten genannten Standortfaktoren, wobei jedoch nicht gesichert ist, inwieweit man die heutigen Verhältnisse – vor allem was die Böden betrifft – auch auf frühere Zeiten übertragen kann. Bevor auf diese Diskussion näher eingegangen werden kann (vgl. Kapitel 8.2.3.1), sollen jedoch die Elemente, Prozesse und Ausformungen der Lithosphäre dargestellt werden.

6.2.1 Relief

Neben den Böden ist das Relief die für die Siedlungs- und Landschaftsarchäologie wichtigste materielle Ausprä-

gung der Landschaft. Seine Entstehung und Formgebung aus einer komplexen Wechselwirkung zwischen unterschiedlichsten Prozessen und Faktoren aus Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre, Biosphäre oder aus dem Weltall (Meteoriten) ist Gegenstand der Geomorphologie (MÄUSBACHER 2007).

Frank Ahnert macht auf einen terminologischen Widerspruch aufmerksam: *Relief* bezeichnet im Englischen eigentlich den Höhenunterschied innerhalb eines bestimmten Raumes, was unserem Begriff „Reliefenergie“ entsprechen würde. Das, was wir gemeinhin unter „Relief“ verstehen, wird im Englischen als *landform* bezeichnet (AHNERT 1996, 13). Anders als Ahnert, der zur Lösung dieses terminologischen Problems in seinem Buch zur Geomorphologie in Anlehnung an die englische Wortwahl den deutschen Begriff „Landform“ verwendet, soll hier jedoch der bei uns gängige Begriff „Relief“ beibehalten werden.

6.2.1.1 Ausformung des Reliefs

Für die Ausformung des Reliefs ist die zugrunde liegende Lithologie, also die Struktur des Gesteinsmaterials ausschlaggebend. Diese wird im Lauf der Zeit durch endogene, exogene und extraterrestrische Formungsprozesse, welche durch Faktoren wie Klima, Relief, Lithologie, Tektonik oder Zeit gesteuert werden, umgestaltet (SCHMIDT 2007b, 284).

Zu den endogenen Formungsprozessen gehören beispielsweise Tektonik und Vulkanismus; exogen sind die gravitative Massenbewegung (oft ausgelöst durch Erdbeben, extreme Niederschläge oder den Menschen), Denudation (flächenhafte Abtragung) sowie fluviale, äolische, litorale, (peri-)glaziale oder anthropogene Prozesse (GEBHARDT et al. 2007a, 287–320). Die weltweit bislang bekannten 173 Einschlagkrater von Meteoriten sind Resultate extraterrestrischer Prozesse (KELLETTAT 2007, 316). Diese Prozesse wirken in unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Maßstäben. D. DINCAUZE (2000, 198 ff.) unterscheidet zwischen Mega- (global und kontinental), Makro- (Gebirge), Meso- (regional und lokal) und Mikro-Maßstäben (lokal, kleiner als 1 km²).

Somit ist unser heutiges Relief Ergebnis einer Vielzahl von Prozessen und den sie steuernden Faktoren, die über unterschiedlich lange Zeiträume auf unterschiedlich großen Maßstäben zum Teil in komplexer Wechselwirkung auf die Erdoberfläche eingewirkt haben. Ähnlich wie die Böden befindet sich auch das Relief in ständiger Entwicklung. Je nach Ort und Zeit waren und sind jeweils andere der oben genannten Prozesse für die Ausformung und den stetigen Wandel des heutigen Reliefs verantwortlich. Der Wandel kann je nach Steuerungsfaktoren drastisch schnell oder ei-

nem annähernd stabilen Zustand ähnlich sehr langsam vorstattengehen.

6.2.2 Verwitterung und Sedimente

Sobald ein Gestein an der Erdoberfläche zu liegen kommt, ist es unterschiedlichsten Verwitterungsprozessen ausgesetzt, welche das Gestein zerkleinern, dessen Oberfläche formen oder seine mineralogische Zusammensetzung modifizieren. Es entstehen dabei Sedimente. Der Begriff „Verwitterung“ (*weathering*) lässt dabei bereits erahnen, dass Wetter und somit auch Atmosphäre und Klima bei diesen Prozessen eine wesentliche Rolle spielen (AHNERT 1996, 88).

Man unterscheidet physikalische (mechanische) und chemische Verwitterung. Bei der physikalischen Verwitterung werden aufgrund von Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschieden, Druck (etwa durch Eis, Salz oder Pflanzenwurzeln) oder durch Lebewesen Gesteine und Sedimente mechanisch zerkleinert. Bei der chemischen Verwitterung werden bestimmte Bestandteile der Gesteine und Sedimente durch Gase und Wasser gelöst und somit die chemische Zusammensetzung des Gesteins verändert (WATERS 1992, 16 f.; AHNERT 1996, 88 ff.; FAUST, KLEBER 2007).

Physikalische und chemische Verwitterung treten meist gemeinsam auf. Michael R. Waters nennt drei Produkte, welche dabei anfallen: (1) zerkleinertes Gestein unterschiedlicher Größe; von großen Felsblöcken bis zu kleinen Mineralkörnern, (2) sekundäre Mineralien, z. B. Ton und (3) herausgelöste chemische Bestandteile (Ionen und Oxide) (WATERS 1992, 17).

Verwittertes, abgelagertes Gesteinsmaterial wird auch als Sediment bezeichnet. Je nach Entstehung unterscheidet man klastisches (durch physikalische Verwitterung entstanden), chemisches (aus der chemischen Verwitterung), biogenes (Ablagerung toter Organismen) und anthropogenes Sediment (RAPP, HILL 2006, 29 ff.; WATERS 1992, 16 und 32 f.). An der Erdoberfläche abgelagerte Sedimente sind einerseits weiterer Verwitterung ausgesetzt und können andererseits durch Wind, Wasser, Eis, Menschen oder andere Faktoren transportiert und woanders wieder abgelagert werden. Die dabei vorherrschenden Prozesse haben Auswirkungen auf geomorphologische Lage, Struktur und physikalische Eigenschaften des abgelagerten Sediments.

6.2.3 Sedimentarten und ihre Bedeutung

D. Dincauze nennt folgende, den Archäologen interessierende Fragestellungen in Bezug auf ein Sediment (DINCAUZE 2000, 260): Ursprung des Materials, Medium des Transports, Umwelt der Ablagerung und spätere natürliche und kulturelle Veränderungen des abgelagerten Sediments

(siehe auch TUCKER 1985, 2 ff.). Diese Fragestellungen lassen sich in der Regel durch Beobachtung von Lage, mineralogischer Struktur und physikalischer Eigenschaft rekonstruieren und soll im Folgenden kurz erläutert werden.

6.2.3.1 Sedimentarten nach ihrer Entstehung

Klastische Sedimente bestehen aus durch physikalische Verwitterung zerkleinertem Gestein. Ihre Einteilung basiert auf ihrer jeweiligen Korngröße. Struktur und physikalische Eigenschaften (Farbe, Korngröße, Sortierung, mineralogische Zusammensetzung, Morphologie oder Struktur) lassen Schlüsse auf Faktoren wie zum Beispiel Herkunft, Transportmedium, Energieaufwand, Dauer des Ablagerungsprozesses oder danach stattfindende Veränderungen zu (WILKINSON, STEVENS 2003, 50 ff.; RAPP, HILL 2006, 29 ff.; WATERS 1992, 19 ff.).

Wichtig erscheinen Korngrößenverteilung und Sortierung, also die Textur des Sediments. Es gibt in der Literatur unterschiedlichste Einteilungen von Korngrößen. Maurice E. Tucker beschreibt vier Körnungsklassen (und deren Untergruppen), die von kleinen zu großen Durchmessern folgendermaßen bezeichnet werden (TUCKER 1985, 14):

- Ton – kleiner als 0,002 mm,
- Silt (Fein-, Mittel-, Grobsilt) – 0,002 bis 0,063 mm,
- Sand (Fein-, Mittel-, Grobsand) – 0,063 bis 2,0 mm und
- Bestandteile über 2,0 mm (eckig: Grus, Feinsteine, Mittelsteine, Grobsteine, Blöcke; gerundet: Feinkies, Mittelkies, Grobkies, Gerölle, Blöcke)

Die Korngröße eines Sediments gibt Auskunft über die für seinen Transport notwendige Energie und somit über die Umweltverhältnisse, die zum Zeitpunkt der Ablagerung geherrscht haben müssen. Für Korngrößen größer als mittlerer Silt gilt, je größer die Partikel eines Sediments sind, desto höher ist auch der Energieaufwand für seinen Transport. Während zum Beispiel Löss auch mit relativ geringem Energieaufwand (etwa durch Wind) über weite Strecken transportiert werden kann, sind für Kies wesentlich höhere Energien nötig. Diese werden üblicherweise nur durch fließendes Wasser oder im Zusammenhang mit Hangrutschungen oder Eis erreicht (RAPP, HILL 2006, 32 ff.).

Die Sortierung, das heißt die Standardabweichung der Korngrößenverteilung, gibt nach Keith Wilkinson und Chris Stevens unter anderem Hinweise auf eine eventuelle anthropogene Ursache der Ablagerung (WILKINSON, STEVENS 2003, 54). Die mineralogische Zusammensetzung des Sediments ist wichtig für die Herkunftsbestimmung und lässt aufgrund der zu überwindenden minimalen Distanz auch Rückschlüsse auf die Art des Transportes zu.

Chemische Sedimente entstehen oft in der Nähe ihres verwitterten Ausgangsmaterials (Salze können jedoch auch

sehr weit transportiert werden), wo die im Wasser gelösten Substanzen aufgrund chemischer Reaktionen oder biologischer Prozesse gebunden werden (WATERS 1992, 28 f.). Am häufigsten finden sich Kalzit, Steinsalz, Gips, Eisenoxid, Sulfate und Phosphate, deren Vorkommen und Lage Hinweise auf vergangene Umweltbedingungen geben (RAPP, HILL 2006, 35).

Als *biogene Sedimente* bezeichnet man Ablagerungen, die entweder aus Resten von Organismen unter Luftabschluss oder durch deren Skelette entstehen. Durch die zum Teil guten Erhaltungsbedingungen eignen sie sich hervorragend zur Rekonstruktion der Paläoumwelt (WATERS 1992, 31; RAPP, HILL 2006, 37).

Neben diesen Sedimentarten erwähnt Michael Waters auch die *anthropogenen Sedimente*, welche die Stratifikation archäologischer Fundstellen bilden (WATERS 1992, 32 f.), hier aber nicht weiter besprochen werden.

6.2.3.2 Sedimentarten nach Transportmedium

Sedimente kann man auch nach den bei ihrer Ver- und Ablagerung verantwortlichen Vorgängen klassifizieren. Wie bereits oben erwähnt, können Sedimente je nach Korngröße sehr mobil sein, und durch unterschiedliche Medien und Prozesse transportiert werden. Dabei werden mitunter beträchtliche Distanzen überwunden. Je nach den Prozessen, die für den Transport und die Ablagerung von Sedimenten verantwortlich sind, unterscheidet man äolische (Dünensand, Löss), alluviale (fluviale Kiese in Überschwemmungsebenen und Schotterterrassen), glaziale (Moränenmaterial, Findlinge), pyroklastische (Vulkanasche), kolluviale und andere Sedimente. Durch Identifizierung des entsprechenden bildenden Faktors können Geologen Aussagen zur Umwelt zum Zeitpunkt der Deponierung machen (WATERS 1992, 37).

6.2.4 Böden

Nach D. Dincauze wird der Begriff „Boden“ je nach Anwendungsgebiet unterschiedlich definiert (DINCAUZE 2000, 261 f.). Für den Archäologen dürfte wohl die Definition von Dominik Faust am nächsten kommen, nach welcher der Boden der „extrem dünne, oberste belebte Bereich der Erdoberfläche von der Streu bis zum anstehenden Gestein oder unverwitterten Lockersediment“ ist (FAUST 2007b, 362).

Ausgangspunkt für die Bodenbildung ist in jedem Fall ein oberflächlich anstehendes Sediment, egal ob es vor Ort entstanden ist oder über eine mehr oder weniger große Distanz herantransportiert wurde. Die Herausbildung von Böden im obersten Bereich dieses Sediments ist ein langwieriger Prozess, der eine Phase der Stabilität benötigt. Dies bedeutet, dass in Zeiten großer Reliefveränderungen, wäh-

rend derer an einer Stelle mehr oder weniger kontinuierlich Material akkumuliert oder erodiert, keine Böden entstehen können (RAPP, HILL 2006, 40). Böden können jedoch im Laufe der Zeit auch durch weitere Sedimentation begraben werden.

6.2.4.1 Faktoren der Pedogenese

In einer stabilen Phase können nun verschiedene bodenbildende Faktoren und Prozesse auf das Sediment einwirken. Generell zählt man dabei mehrere für die Bodenbildung wesentliche Variablen auf: Klima, Ausgangsgestein bzw. Sediment, Relief, Wasser, Flora, Fauna, Einwirken des Menschen und Zeit (FAUST 2007b; AHNERT 1996, 112; WATERS 1992, 53).

Ausgangsgestein, Klima und Zeit gelten als die wichtigsten Faktoren. Die sich mit den Jahreszeiten verändernden Temperaturen und Niederschläge sind, wie bereits weiter oben angeführt, hauptverantwortlich für die Verwitterung und beeinflussen somit Bodenart und Bodenprofil in direkter Weise. Das jeweilige Ausgangsgestein bestimmt die mineralogische Zusammensetzung, Korngröße und Farbe des Bodens. Das Relief hat Einfluss auf das lokale Klima, bestimmt die Fließrichtung von Wasser beziehungsweise den Wasserhaushalt und beeinflusst Erosions- und Akkumulationsraten. Wasser beziehungsweise Feuchtigkeit ist als Medium der chemischen Verwitterung extrem wichtig für die Stoffverlagerung innerhalb des Bodenprofils und somit ein wesentlicher Faktor für die Herausbildung bestimmter Bodenhorizonte. Flora und Fauna bilden das organische Substrat und beeinflussen Erosionen und Wasserhaushalt (FAUST 2007b, 362 f.; WATERS 1992, 55). Die Auswirkungen des Menschen sind zum Teil gravierend und werden noch weiter unten besprochen (vgl. Kapitel 6.2.6.1).

In Abhängigkeit von diesen Faktoren spielen sich zahlreiche bodenbildende Prozesse ab, die man in Transformationsprozesse und Translokationsprozesse unterteilen kann (SCHROEDER 1992, 90). Zu den wichtigsten Prozessen zählt M.R. Waters: (1) die Zuführung von (organischem) Material durch Oberflächenvegetation und Tiere, (2) dessen Zersetzung und Umwandlung in Streu, Huminstoffe und Mineralien, (3) die vertikale Verlagerung von Bestandteilen innerhalb des Bodenprofils und (4) die Reduzierung von chemischen Bestandteilen (WATERS 1992, 41). Im Detail werden diese Prozesse bei Scheffer et al. aufgeführt und diskutiert (SCHEFFER et al. 1998, 381–403).

Zuletzt soll noch kurz auf den Faktor Zeit eingegangen werden. Die Bodenbildung startet normalerweise an der Oberfläche und erfasst im Laufe der Zeit auch tiefere Regionen (SCHEFFER et al. 1998, 373). Die jeweilige Dauer, welche ein Boden benötigt um ein entsprechendes Entwicklungs-

stadium zu erreichen, lässt sich jedoch selbst für ein und denselben Bodentyp nicht vereinheitlichen. Das Bodentalter ist daher „kein Maß für (den) jeweiligen Entwicklungszustand eines Bodens“ (SCHROEDER 1992, 89). M.R. Waters gibt an, dass die Entwicklung des humusreichen obersten A-Horizontes in weniger als 100 Jahren möglich sei (WATERS 1992, 55, Fig. 2.19). Für die Ausbildung weiterer Horizonte kann es mitunter Tausende von Jahren dauern. In Mitteleuropa sind die meisten Böden erst im Quartär entstanden und somit jünger als 12.000 bis 15.000 Jahre (SCHEFFER et al. 1998, 461).

6.2.4.2 Bodenbestandteile

Böden bestehen aus vier Komponenten: mineralische und organische Bestandteile, Bodenwasser und Bodenluft. Die jeweiligen Anteile sind nicht stabil und ändern sich im Lauf der Zeit. Die *mineralische Zusammensetzung* eines Bodens hängt in erster Linie vom Ausgangsmaterial und der vorherrschenden Verwitterung ab. Sie verleiht dem Boden die Festigkeit und ist wichtiger Nährstofflieferant für die Pflanzen. Der Anteil der jeweiligen Mineralien ist variabel. So können durch die Verwitterung mineralische Bestandteile abgebaut werden oder sekundäre Mineralien entstehen (SCHROEDER 1992, 12, 35).

Auch die *organischen Bestandteile* liefern wichtige Nährstoffe für die Pflanzen. Sie setzen sich in der Regel aus 80 bis 85 % Humus (abgestorbene organische Bodensubstanz), fünf bis 10 % Edaphon (Bodenorganismen) und etwa 10 % Pflanzenwurzeln zusammen. Die Bodenorganismen helfen den Humus in seine Huminstoffe zu zerlegen und diese wiederum in Mineralien abzubauen (FAUST 2007a, 366). Die organischen Bestandteile „beeinflussen entscheidend den Wasser-, Luft- und Wärme-Haushalt des Bodens und damit die Bodenfruchtbarkeit“ (SCHROEDER 1992, 36).

Dem Boden wird *Wasser* in erster Linie durch Niederschläge zugefügt. Beim Bodenwasser unterscheidet man: das Oberflächenwasser, welches an der Oberfläche abfließt und für einen Teil der Erosion verantwortlich ist, das Sickerwasser, welches durch die Gravitation bis zum Grundwasser abfließt, sowie das Haftwasser, welches aufgrund unterschiedlicher Kräfte gegen die Schwerkraft an den Bodenpartikeln und in den Poren des Bodens gehalten wird. Prinzipiell gilt: je feiner die Körnung eines Bodens, desto mehr Gesamtoberfläche besitzt der Boden, wodurch er mehr Wasser an die Bodenpartikel binden kann (SCHROEDER 1992, 49; FAUST 2007a, 367 f.).

Der Anteil der *Bodenluft* ist direkt abhängig von der Bodenart und der damit verbundenen Menge und Größe von Poren sowie von der Menge des vorhandenen Bodenwassers. Durch die Oxidation, welche mit dem in der

Bodenluft vorhandenen Sauerstoff einhergeht, kommt es bei manchen Böden zu einer Rot- beziehungsweise Braunfärbung. Extrem nasse Böden, die sich zum Beispiel im Bereich des Grundwassers befinden und daher schlecht durchlüftet werden, sind von Reduktion und verhinderter Humusabbau geprägt. Das Ergebnis sind graugrüne „Reduktionshorizonte“ im Boden (z. B. Gleye) sowie die Anhäufung humosen Materials (z. B. Anmoor) (FAUST 2007a, 368 f.).

6.2.4.3 Bodeneigenschaften

Ähnlich wie bei den Sedimenten sind auch bei den Böden Farbe, Korngrößenverteilung, Struktur, Grobanteil, Gefüge (räumliche Verteilung fester Bestandteile, Porosität), Wasserverhältnisse und mineralogische Zusammensetzung wichtige Eigenschaften, die Rückschlüsse auf ehemalige Umweltbedingungen zulassen.

Die wohl wichtigste Eigenschaft eines Bodens ist seine Korngrößenverteilung oder Textur. Sie bestimmt die *Bodenart* und gibt Auskunft über das relative Verhältnis der Körnungsklassen. Sie ist in erster Linie abhängig vom Ausgangsmaterial. Je höher der Prozentsatz an feinen Partikeln ist, desto mehr Feuchtigkeit kann ein Boden als Haftwasser binden und desto höhere Kohärenz besteht zwischen den Bodenteilchen. Solche feinkörnige, lehmige, schluffige oder tonige Böden, lassen sich schwer bearbeiten und werden infolge dessen als „schwere“ Böden bezeichnet. Böden mit grobkörniger Textur gelten als „leicht“ (SCHEFFER 1978, 109). Sie können weniger Feuchtigkeit binden, was einerseits Bedeutung für den Wasserhaushalt und in der Folge für die Landwirtschaft hat. Es zeigt aber auch Auswirkungen auf die Sichtbarkeit von Boden- und Bewuchsmerkmalen im Luftbild (vgl. Kapitel 10.4.2.3).

Die Korngrößenverteilungen oder Bodenarten sind in erster Linie auf die Verwitterungsprozesse sowie Verlagerungen, die während der letzten Eiszeiten des Pleistozäns stattgefunden haben, zurückzuführen. Als Produkte dieser Prozesse lagerten sich in unserem Raum (der außerhalb der alpinen Eisbedeckung vom periglazialen Klima geprägt war) Frostschuttdecken, fluviale Schuttkörper und Löss ab. Diese bildeten die Grundlage der Böden am beginnenden Holozän (SCHEFFER 1978, 109 f.). Die heutigen Bodenarten wurden aber auch durch Sedimente des Holozäns mitbestimmt, vor allem die „nacheiszeitlichen Hanglehmdecken, die überwiegend durch anthropogene Umlagerung von Lössmaterial entstanden“ sowie die in den Tälern daraus hervorgegangenen zum Teil mächtigen Auenlehmdecken (SCHEFFER 1978, 111).

Die *Farbe* ist ein Ergebnis der organischen und chemischen Zusammensetzung des Bodens. Ein hoher Anteil orga-

nischen Materials zeigt sich in einer dunklen Farbe (z. B. humusreiche Schwarzerde). Anhand der Farbe lassen sich aber auch, wie bereits weiter oben erwähnt, ehemalige Prozesse der Reduktion oder Oxidation erkennen (WATERS 1992, 43), welche Auskunft über ehemalige Umweltverhältnisse geben.

Eine weitere, vor allem in der geophysikalischen Prospektion wichtige Eigenschaft von Böden ist deren *elektrische Leitfähigkeit*. Diese ist von unterschiedlichen Faktoren, etwa der Menge an Haftwasser oder dem Salzgehalt (Elektrolytgehalt) abhängig (OPP 2007, 373). Die *mineralogische Zusammensetzung* lässt in manchen Fällen Rückschlüsse auf die ehemalige Landnutzung zu. So zeigen zum Beispiel die im Rahmen der chemischen archäologischen Prospektion eingesetzten Phosphatanalysen (vgl. Kapitel 10.7) erhöhte Konzentrationen an Phosphaten an Stellen ehemaliger Siedlungen. Darüber hinaus werden unter anderem *pH-Wert* (wichtig für die Lösungsfähigkeit), *Säureneutralisierungskapazität* (Fähigkeit, den pH-Wert konstant zu halten), *Kationen- und Anionenaustauschkapazität* als wichtige Eigenschaften eines Bodens genannt (OPP 2007, 373).

6.2.4.4 Bodenhorizonte

Solange ein Boden nicht begraben wird, entwickelt er sich ständig weiter. In einer stabilen Umgebung kommt es dabei zur Ausbildung von sogenannten Bodenhorizonten. Im Gegensatz zur Sedimentation, bei der Sedimente schichtenweise angelagert werden, hat die Ausbildung von Horizonten eines Bodens nichts mit einer Stratifikation zu tun (DINCAUZE 2000, 261).

Die Bodenhorizonte zeigen sich im Bodenprofil, einem vertikalen Querschnitt von der Erdoberfläche bis zum anstehenden Gestein. Die einzelnen Horizonte werden standardmäßig mit Großbuchstaben bezeichnet. Diesen werden Kleinbuchstaben nachgestellt, welche bestimmte Merkmale der Horizonte bezeichnen. Vereinfacht gesagt beginnt ein gut entwickelter Boden mit einem A-Horizont, welche durch die starke Präsenz organischen Materials meist dunkel gefärbt ist. Wird der Boden gepflügt, so spricht man von einem Ap-Horizont, welcher durch die Pflugtätigkeit weitgehend homogenisiert ist. In der landwirtschaftlichen Praxis spricht man hier auch vom Oberboden (SCHEFFER et al. 1998, 373). Im Laufe der Zeit können Translokationsprozesse (VÖLKELE 2007, 376) stattfinden, also vertikale oder horizontale Verlagerungen bestimmter Bestandteile des Bodens. Durch Auswaschungen aus dem Oberboden (v. a. Eisenoxid, Humus und Tonminerale) kann dies zur Ausbildung eines sogenannten B-Horizontes führen, einem „Mineralhorizont im Unterboden mit verändertem Mineralbestand durch Einlagerung aus dem Oberboden und/oder Verwitterung in situ“ (SCHEFFER et al. 1998, 405).

Nachgestellte Kleinbuchstaben bezeichnen die Art der Anreicherung, z. B. B_t für tonakkumuliert, B_v für verbraunt oder verlehmt sowie B_e für eine Anreicherung von Eisen (RAPP, HILL 2006, 40). In den meisten Fällen endet das Bodenprofil nach unten hin mit einem C-Horizont, welcher das Ausgangsmaterial, aus dem der Boden entstanden ist, bezeichnet. In der Realität weisen zahlreiche Bodenprofile eine viel komplexere Abfolge von Horizonten auf. So gibt es Übergangs- und Subhorizonte, deren Bezeichnung in der Fachliteratur detailliert diskutiert wird (WATERS 1992, 45; RAPP, HILL 2006, 39 f.; SCHROEDER 1992, 96 ff.; SCHEFFER et al. 1998, 405 ff.).

6.2.4.5 Bodentypen und deren Wandlung

Aus den charakteristischen Horizontabfolgen lassen sich Böden zu *Bodentypen* zusammenfassen, welche eine durch ähnlich gelagerte pedogenetische Faktorenkombinationen vollzogene gleiche Entwicklung aufweisen (siehe auch Kapitel 8.2.2). Die Namen der Typen ergeben sich oft aus ihrer Farbe (Schwarzerde) oder ihrem Kontext (Moor). Auch fremdsprachige Benennungen (Gley) oder Kunstnamen (Pelosol) werden vergeben (SCHEFFER et al. 1998, 410; SCHROEDER 1992, 98 f.).

Bodentypen sind das Ergebnis eines stetigen Wandels, der vor allem durch pedogene (vor allem aufgrund von Klima) und anthropogene Faktoren (beschleunigte Erosion, mit Hang- und Auenlehmbildung) hervorgerufen wird (SCHEFFER 1978, 116). Die stetige Weiterentwicklung der Böden kann aufgrund zeitlicher Abläufe, klimatischer Veränderungen oder unterschiedlicher räumlicher Lagen (z. B. entlang eines Hanges) (SCHROEDER 1992, 99) in *Bodentyp-Sequenzen* gefasst werden. Eine in unserem Raum häufig anzutreffende Bodentyp-Sequenz betrifft die Schwarzerde, welche sich im Falle einer tiefer als 60 cm reichenden Entkalkung zu Braunerde und Parabraunerde entwickelt. Bei letzterer kann sich durch vermehrte Tonpartikel im B-Horizont Niederschlagswasser stauen (Staunässe), was zu einem sekundären Pseudogley führt (SCHEFFER 1978, 112 f.; SCHEFFER et al. 1998, 433 f.). Die ursprünglich fruchtbare Schwarzerde degradiert also zusehends, wobei die Dauer dieses Vorganges unterschiedlich lang sein kann. Diese Entwicklung verläuft häufig unter Waldbewuchs und wurde dort verlangsamt, wo seit dem Neolithikum Ackerbau betrieben wurde (SCHEFFER et al. 1998, 424 f.). Andererseits gingen durch anthropogene Einflüsse andere Qualitätsminierungen einher (SCHEFFER 1978, 113).

Durch diese und andere Arten von Bodentyp-Sequenzen entstand das heutige Verbreitungsbild der Bodentypen, welches höchst uneinheitlich ist und Böden unterschiedlicher Entwicklungsstadien als nebeneinanderliegend zeigt

(SCHEFFER 1978, 112). Bodentyp-Sequenzen werden in der Archäologie gerne herangezogen, um aus den heute kartierten Böden ein prähistorisches Verbreitungsbild zu rekonstruieren, wobei man davon ausgeht, dass die Bodentypen im Lauf der Zeit verschlechtert haben. Dies muss aber nicht zwangsläufig der Fall sein (SCHEFFER 1978, 116).

6.2.5 Bodenerosion

Wie bereits weiter oben beschrieben, sind Sedimente und Böden durch ihre Körnigkeit mobil und können somit durch Schwerkraft, Wasser, Eis und Wind bewegt und über kleinere oder größere Distanzen transportiert werden – der Boden erodiert.

Bei der „Bodenerosion“ unterscheidet man streng genommen die flächige Denudation durch Wasser (Spüldenudation) oder Wind (äolische Denudation oder Deflation) und die linienhafte Erosion (Rillen- und Grabenerosion). Da die Begriffe „nicht in jedem Einzelfall scharf voneinander zu trennen“ sind (AHNERT 1996, 120), sollen im Folgenden die Begriffe „Erosion“ und „Bodenerosion“ stellvertretend für alle Prozesse der linien- oder flächenhaften Abtragung verwendet werden.

6.2.5.1 Erosion durch Wasser und Wind

Frank Ahnert unterscheidet verschiedene Typen von Erosionsprozessen, die in unterschiedlichen zeitlichen Maßstäben vonstattengehen (AHNERT 1996, 126 ff.): Sturzenudation (Felsstürze, Bergrutsch), Kriechdenudation (kontinuierliche, mit 1–2 cm pro Jahr langsame Hangbewegung, etwa durch Frostwechsel), periglaziale Denudation (Gelifluktion, Kryoturbation), Spüldenudation und äolische Denudation oder Deflation.

In der Landschaftsarchäologie sind vor allem die letzten beiden Erosionserscheinungen von Interesse. Beide finden in der Regel an der Oberfläche statt. Die Größe des Abtrags ist von zahlreichen Faktoren, wie zum Beispiel Korngröße, Niederschlagsintensität, Hangneigung, Lage, Landnutzung und damit verbunden die Bodenbedeckung durch Vegetation abhängig. Großen Einfluss hat vor allem die Bodenbedeckung durch Vegetation: Bei dichter Vegetationsdecke findet eine Erosion praktisch nicht statt. Erst durch die Entfernung der schützenden Vegetation durch Rodung, Ackerbau oder Überweidung ist der Boden den Kräften der Erosion ausgesetzt (REDMAN 1999, 101). Ist die Vegetationsdecke gestört und Erosion prinzipiell ermöglicht, so sind Hangneigung und die Korngröße des Sediments (je feiner desto erosionsgefährdeter) wichtige Steuerungsfaktoren. Die Auswirkungen der durch Vegetation verminderten erosiven Prozesse zeigen sich besonders deutlich anhand der sogenannten Waldrandstufen: Die Oberfläche bewirt-

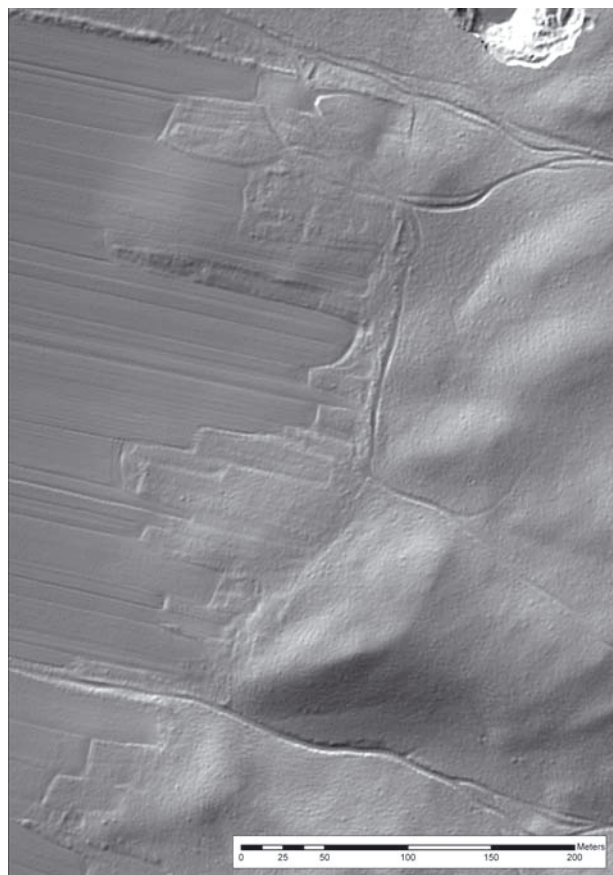


Abb. 2: Schattierte Darstellung eines aus Laserscandaten abgeleiteten DGM. Die rechte Bildhälfte ist bewaldet. Deutlich zeichnet sich die Waldrandstufe im Geländemodell ab (© Luftbildarchiv, Inst. f. Ur- und Frühgeschichte, Wien).

schafteter Felder liegt sichtbar tiefer als jene im geschützten Waldbereich. Dies lässt sich anhand detaillierter Geländemodelle deutlich darstellen (Abb. 2).

Bei der Spüldenudation wird oberflächennahes Sediment durch fließendes Regen- oder Schmelzwasser hangabwärts verlagert. Bei Niederschlägen findet dann ein Oberflächenabfluss statt, wenn der Boden aufgrund von Sättigung oder aufgrund der zu großen Niederschlagsmenge das Wasser nicht mehr aufnehmen kann. Dabei kann es in Abhängigkeit von Vegetation, Hangneigung, Bodenglätte (z. B. Pflugrichtung quer oder parallel zum Hang), Niederschlagsintensität und Korngröße zu einer flächigen Abspülung, Rillen (lineare Abspülung entlang schmaler Bahnen), Röhren (pipes – durch Abfluss im Boden hervorgerufene röhrenförmige Hohlräume) oder Gräben (verbreiterte Rillen oder eingestürzte Röhren kommen (AHNERT 1996, 149 ff.). Abb. 3 zeigt die aus der Luft aufgenommenen Erosionsgräben an einem landwirtschaftlich genutzten Hang in Sizilien. Das erodierte Material stammt meist vom Ober- und Mittelhang



Abb. 3: Südwestlich von Salemi, Sizilien: Röhren und Gräben zeigen massive erosive Prozesse an (© Michael Doneus).

und wird in den unteren Hangbereichen akkumuliert – man spricht von einem Kolluvium (FRENCH 2003, 20).

Bei der äolischen Denudation werden im Normalfall Korngrößen bis zum Sand durch Wind bewegt (Abb. 4). Dies geschieht meist durch Saltation, d. h. das durch den Wind hervorgerufene bis zu einen Meter weite wiederholte „Springen“ von Sandkörnern (AHNERT 1996, 155). Sand und vor allem Staub können auch über weite Strecken transportiert werden. So werden selbst in unseren Breiten des Öfteren Silt und Staub aus der Sahara abgelagert. Laut der Zeitschrift „GEO“ vom 4. Jänner 2007 (<http://www.geo.de/GEO/natur/oekologie/52357.html> <September 2012>) werden pro Jahr etwa 240 Millionen Tonnen Staub von der Sahara bis ins Amazonasgebiet Südamerikas geweht und düngen dort den Regenwald. In den meisten Fällen findet der Transport von Sedimenten jedoch lokal begrenzt statt, etwa hangabwärts entlang einem Hügel. Je nach Windstärke und Körnigkeit des Materials können Decksande, Dünen oder Löss akkumuliert werden (AHNERT 1996, 158).

6.2.5.2 Erosionsraten und archäologische Bedeutung

Wolfram Schier erläutert die archäologische Bedeutung von Erosions- und Akkumulationsabfolgen entlang eines landwirtschaftlich genutzten Hanges (SCHIER 1990, 49): Da am Hangscheitel praktisch nur Erosion stattfindet, muss man dort mit geringer Bodenmächtigkeit und entsprechend zerstörten archäologischen Strukturen rechnen. Im Mittelhang zeigt sich ein großer „Materialdurchsatz“: Einerseits wird Material vom Oberhang akkumuliert, andererseits erodiert es in Richtung Hangfuß. Archäologisch betrachtet können in diesem Bereich des Mittelhangs ehemalige Begehungshorizonte auch heute noch an der Oberfläche erhalten sein. Der Hangfuß ist in der Regel mit Kolluvium bedeckt. Ehemalige Begehungshorizonte sind begraben und im Fall



Abb. 4: Beispiel für äolische Denudation aufgrund landwirtschaftlicher Tätigkeit im Raum Hollabrunn (© Luftbildarchiv, Inst. f. Ur- und Frühgeschichte, Wien).

von sehr mächtigen Bedeckungen muss man auch damit rechnen, dass unsere herkömmlichen Prospektionsmethoden (vor allem Begehung und Luftbildarchäologie) versagen. Andererseits kann man in diesen Bereichen auch mit einer noch gut erhaltenen Stratifikation rechnen. Die Menge des erodierten / akkumulierten Materials hängt sehr stark von der Hangneigung ab. Dies lässt sich besonders deutlich durch die magnetische Prospektion zeigen, etwa im Mag-

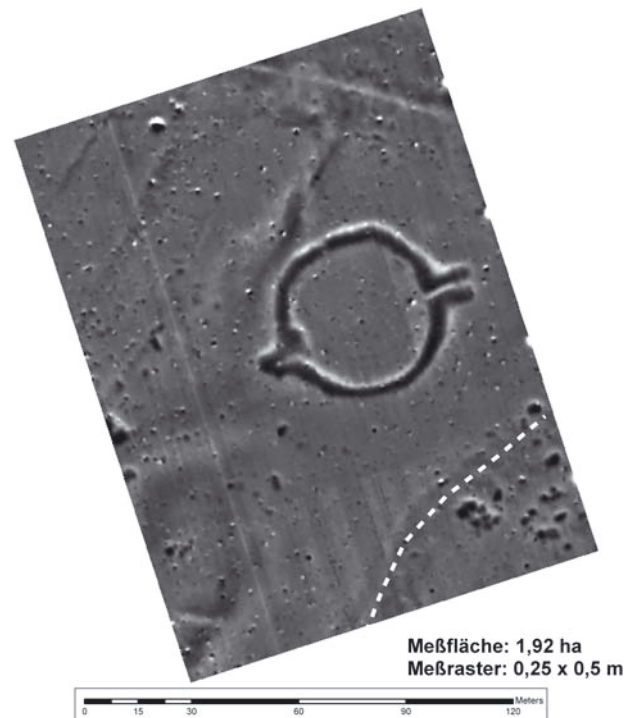


Abb. 5: Magnetogramm der Kreisgrabenanlage von Schletz, NÖ. Die strichlierte Linie zeigt die Grenze zum vom Kolluvium bedeckten Unterhang an. Dort finden sich auch die gut erhaltenen Siedlungsreste (© ArcheoProspections®).

netogramm der mittelnolithischen Kreisgrabenanlage von Schletz in Niederösterreich. Im Bereich des Übergangs vom Mittelhang zum Hangfuß zeichnet sich die Grenze zwischen Erosion und Akkumulation deutlich ab (Abb. 5). Im Bereich mit akkumulierten Sedimenten sind die Reste der ehemaligen Siedlung deutlich besser erhalten.

Die Erosionsraten können also höchst unterschiedlich ausfallen. In von dichter Vegetation bewachsenen, landwirtschaftlich nicht genutzten Flächen findet sie praktisch nicht statt. Frank Press und Raymond Siever geben für Mitteleuropa einen mittleren Bodenabtrag von 0,1 mm pro Jahr an, wobei sie betonen, dass einzelne Extremereignisse auch lokal zu stärkerer Erosion führen können (PRESS, SIEVER 1995, 133). Für Deutschland fasst Thomas Saile einige Untersuchungen in einer Tabelle zusammen, wobei die durchschnittlich ermittelte jährliche Rate zwischen 0,2 mm und 2,68 mm variiert (SAILE 2001, 95). Häufig werden verstärkte Erosionsraten durch menschliche Einflüsse wie Rodung und Ackerbau (speziell bei Anbau von Pflanzenarten, wie z. B. Mais, bei denen der Boden bis ins späte Frühjahr ohne schützende Vegetation verbleibt) in Verbindung mit Flurbereinigungen ausgelöst. Bei entsprechend ungünstigem Klima und Bodenart können auf diese Weise vermehrt extreme Erosionsereignisse stattfinden. Charles French erwähnt zum Beispiel hohe Erosionsraten in Spanien, wo aufgrund der extrem trockenen, vegetationslosen Böden bereits durch ein heftiges Gewitter Erdmaterial mehrere Meter hoch akkumuliert werden kann (FRENCH 2003, 22).

Vor allem aufgrund von verändertem Klima und Landnutzung (Bodenbedeckung) kann sich die Erosionsrate an ein und derselben Stelle im Laufe der Zeit mitunter drastisch verändern. So können sich Phasen der Stabilität mit solchen vermehrter Erosion oder Akkumulation abwechseln. Hans-Rudolf Bork et al. zitieren in diesem Zusammenhang die drei Regeln des Aktivitäts-Stabilitätskonzeptes nach Rohdenburg (BORK et al. 1998, 18): Vegetation schützt den Boden vor Erosion (Stabilitätsregel), diese Vegetation kann jedoch durch Klimaänderungen regional weitgehend zurückgehen, und ermöglicht somit die natürliche Erosion (Aktivitätsregel). Auch der Mensch kann durch sein Handeln (v. a. Rodung und Ackerbau) erosionsfördernd wirken (anthropogene Teilaktivitätsregel).

Als Beispiel dafür kann die Fundstelle bei Platt in Niederösterreich dienen. Im Laufe von zwei kleineren Grabungskampagnen konnten dort in den Jahren 2000 und 2001 mehrere Siedlungsstrukturen des Mittelneolithikums (Lengyel II), des Spätneolithikums (TRB-Baalberge) sowie der frühen Bronzezeit (Aunjetitz) stratigrafisch dokumentiert werden (RUTTKAY, HARRER 1993). Aufgrund der Lage an einem Hangfuß war der gesamte gegrabene Bereich von

einem etwa 0,5 bis 0,7 m mächtigen Kolluvium (bronzezeitlich oder jünger) bedeckt. Aufgrund der Stratigrafie der Fundstelle zeigte sich, dass dieses Kolluvium nicht kontinuierlich entstanden, sondern diese Stelle durch die Jahrtausende hindurch unterschiedlichen Erosions- und Akkumulationsregimen ausgesetzt war.

Der älteste Bereich, ein aus vier Gruben und regelmäßig angeordneten Pfostengruben bestehender Arbeitsplatz der Lengyelkultur (MOG Ib/IIa), war in den Jahrhunderten zwischen Aufgabe der Lengyel-Siedlung und der Wiederbenutzung im Jungneolithikum einer massiven erosiven Abtragung ausgesetzt: Sämtliche Gruben waren horizontal gekappt und die Pfostengruben waren nur noch seicht erhalten (Abb. 6, links). Dies bedeutet, dass einerseits der Bereich in diesen Jahrhunderten Erosionskräften ausgesetzt war, während von den oberen Hangbereichen kein oder nur geringfügig Material akkumuliert wurde. Dies könnte dafür sprechen, dass die Fundstelle selbst landwirtschaftlich genutzt wurde, während der Bereich oberhalb von einer Vegetationsdecke geschützt wurde. Diese Situation ändert sich frühestens seit dem Ende der frühen Bronzezeit.

Kurz nach Verlassen der frühbronzezeitlichen Siedlung, muss es noch einmal zu einer Erosion der Oberfläche gekommen sein, da sich die Kulturschicht der Frühbronzezeit nur noch in leichten Vertiefungen über älteren Gruben freigelegt werden konnte. Danach schützte ein Kolluvium, welches durch erosive Abtragung des Südhangs des benachbarten „Sandbergs“ entstanden sein dürfte, die tiefer liegenden Strukturen vor weiterer Abtragung (Abb. 6).

Erosions- und Akkumulationsraten konnten in diesem Fall nicht näher bestimmt werden. Es gibt jedoch einige Beispiele, wo man versucht hat, prähistorische und historische Erosionsereignisse zu quantifizieren. Bork et al. beschreiben einen 50 m langen Hang in Dahmsdorf (Ostbrandenburg), an dessen Ober- und Mittelhang seit der Bronzezeit Bodenmaterial mit einer Mächtigkeit von über 1,5 m verlagert wurde (BORK et al. 1998, 102 ff.). Sie schätzen die jährlich abgetragene Bodenmasse pro Hektar für die Bronze- und Eisenzeit auf 6,1 t und für das Mittelalter und die Neuzeit auf 8,4 t. Seit 1910 habe die Erosion extrem zugenommen und beträgt nun 33 t Bodenmaterial pro Hektar und Jahr. Dies übertrifft die oben angegebenen Schätzungen von F. Press und R. Siever von 0,1 mm pro Jahr bei Weitem.

Jörg Völkel bringt das Beispiel der Viereckschanze von Poigen im Landkreis Regensburg, wo es allein in der Spätlatènezeit zu einem Oberflächenabtrag von etwa 1,5 m Mächtigkeit gekommen sein muss, dessen Bodenmaterial an den unteren Hängen ein 1 m tiefes Kolluvium anhäufte (VÖLKELE 1998, 541). Bei der angenommenen 300 Jahre

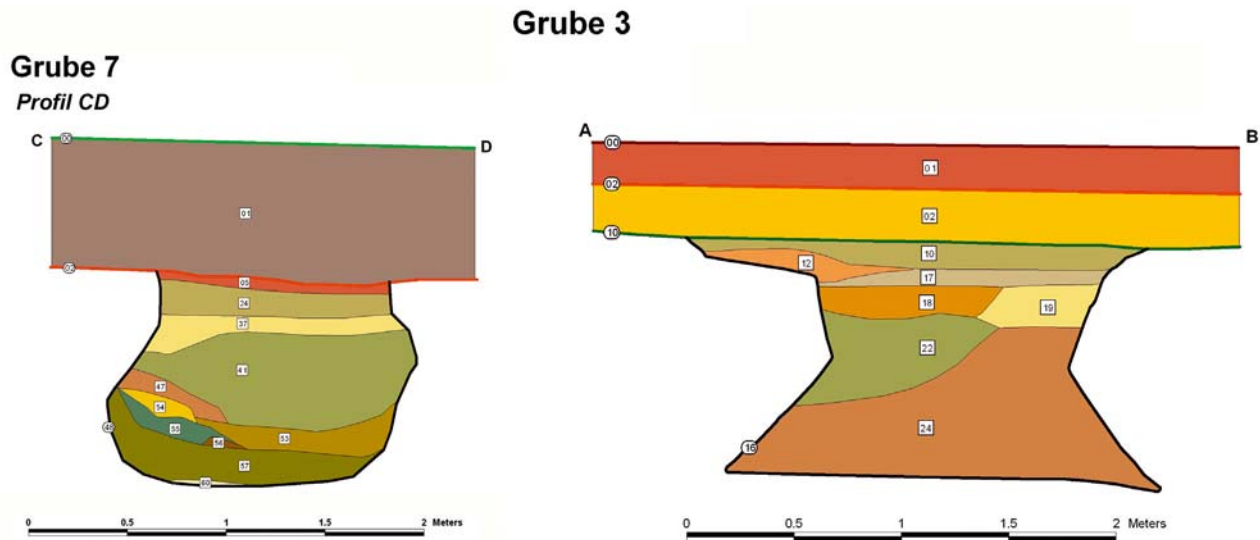


Abb. 6: Platt, NÖ. Profile zweier Gruben aus den Grabungskampagnen 2000 und 2001. Links: mittelnolithische, rechts: frühbronzezeitliche Grube (© Michael Doneus).

anhaltenden Nutzung des Gebietes in der späten Eisenzeit entspricht dies einer jährlichen Erosion von etwa 5 mm pro Jahr (VÖLKEL 1998, 553).

Manchmal sind es einzelne Extremereignisse, welche drastische Auswirkungen auf Umwelt und Landschaft haben. Bork et al. beschreiben eine Lokalität in Glasow in Vorpommern, wo im Umfeld einer eisenzeitlichen Siedlung etwa 1,5 t Material pro Hektar und Jahr erodierten (BORK et al. 1998, 115). Auch während der weiteren Phasen ackerbaulicher Nutzung seit dem 12. Jahrhundert änderte sich diese eher moderate jährliche Menge an erodiertem Material nicht grundlegend. Dem gegenüber stehen zwei extreme Starkregenereignisse in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts, wobei insgesamt ein Abtrag von 2.650 t Boden pro Hektar, was einer Mächtigkeit von 15 cm entspricht, stattfand (BORK et al. 1998, 124–125). Die Auswirkungen vor allem der Starkregen-Katastrophe vom Juli 1342 dürfte nach Hans-Rudolf Bork und Stefan Dreibrodt verheerend gewesen sein und regional zu einer dauerhaften Verwüstung geführt haben (BORK, DREIBRODT 2007).

Renate Gerlach rechnet in Gebieten mit Löss mit noch weit extremeren Reliefveränderungen. Anhand der Landschaft des Pulheimer Tals, in der Nähe von Köln, konnte sie die drastischen Auswirkungen der Erosion für das Relief aufzeigen: Während der Höhenunterschied zwischen Tal und Hochflächen in prähistorischer Zeit noch etwa 8 m betrug, kam es durch Erosion während der römischen und nachrömischen Zeit zu massiven Verlagerungen von Bodenmaterial, deren Ergebnis eine Angleichung des Geländes auf eine heutige Höhendifferenz von nur mehr 3 m war.

Stellenweise findet sich im Tal Kolluvium mit einer Mächtigkeit von 6 m (GERLACH 2003, 90). Renate Gerlach betont, dass es sich hier nicht um Einzelfälle handelt:

„Diese Beträge können als Regelfall in den Lösslandschaften angesehen werden. Noch im Mittelalter war daher das typische Bild einer Lösslandschaft eines mit stark bewegter Topografie und steilen Kerbtälern“ (GERLACH 2003, 90).

6.2.5.3 Auswirkungen der Bodenerosion

H.-R. Bork et al. haben sich in mehreren Publikationen mit den Auswirkungen des Menschen auf die Landschaften Mitteleuropas beschäftigt (BORK et al. 1998, 26 f.). In Bezug auf die Bodenerosion erwähnen sie einige Konsequenzen, die hier in aller Kürze wiedergegeben werden sollen:

Durch die Erosion werden das Typenspektrum der Böden und ihre kleinräumige Verteilung erhöht. Zwischen den Böden am Hang und den Kolluvien der unteren Hangbereiche zeichnen sich meist scharfe Grenzen ab (vgl. Abb. 5). Die Bodenerosion hat eine glättende Wirkung auf ein vorhandenes Mikrorelief (besonders deutlich anhand eines flugzeuggetragenen Laserscans zu erkennen: Abb. 7), Hangneigungen werden geringer und Höhenunterschiede geringfügig ausgeglichen. Darüber hinaus kommt es, sofern nicht vom Menschen gegengesteuert wurde, zu einer Herabsetzung der Bodenfruchtbarkeit. Linienhafte Erosionen in Form von Gräben können im Extremfall zur Bildung von größeren Einschnitten führen (z. B. im Lössgebiet), und die weitere landwirtschaftliche Nutzung bisweilen unterbinden (BORK et al. 1998, 27).

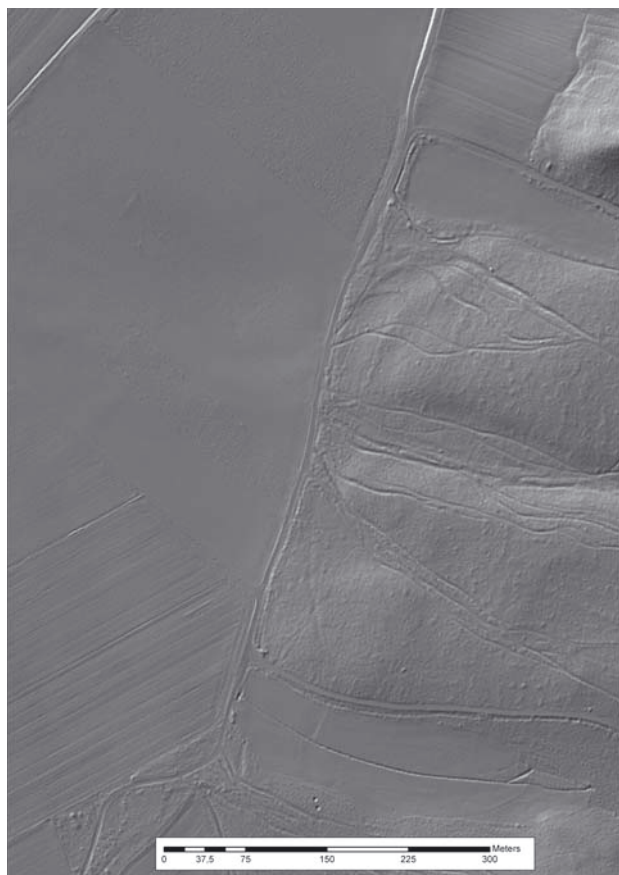


Abb. 7: Unterschiedliche Glättung des Reliefs: Der Bereich in der linken Hälfte des Bildes wird bereits seit Langem beackert, während der rechte Bereich noch von Wald bedeckt ist. Besonders deutlich kann man die glättende Wirkung an den Hohlwegen erkennen, welche im Bereich der Felder eingeebnet sind (© Luftbildarchiv, Inst. f. Ur- und Frühgeschichte, Wien).

6.2.6 Lithosphäre und Landschaft

Die Lithosphäre ist wohl jener Teil der physischen Struktur, welcher die Landschaft am deutlichsten prägt. Sie wird oft als das „Skelett“ der Landschaft bezeichnet (z. B. TILLEY 1994, 73), welches aus nur wenigen chemischen Elementen im Laufe von Jahrmillionen und Jahrmilliarden durch geologische Prozesse geformt wurde. Sie ist die „stabilste Komponente“ der Landschaft und es bedarf großer Energien, um Änderungen in der Lithosphäre herbeizuführen (RAPP, HILL 2006, 192).

Die prinzipielle Ausformung der Lithosphäre ist durch die an einem bestimmten Ort vorherrschenden Gesteine und die Plattentektonik vorgegeben (Strukturform). Prozesse wie Verwitterung, Transport und Ablagerung von Material, welche durch Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre und Biosphäre gesteuert werden, sind an ihrer weiteren Ausformung (Skulpturform) beteiligt und prägen die äußere Gestalt des Reliefs. Andererseits werden zahlreiche,

die anderen Sphären betreffende Prozesse durch die Lithosphäre gesteuert und beeinflusst.

Somit stehen Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre in einer komplexen Wechselwirkung zur Lithosphäre: Atmosphäre und Klima sind hauptverantwortlich für die physische und chemische Verwitterung. Die von den Niederschlägen der Atmosphäre gespeiste Hydrosphäre ist neben dem Wind der wichtigste Faktor für den massenhaften Transport von Sediment und seiner Ablagerung andernorts und somit hauptverantwortlich für die Ausgestaltung der Oberflächenform. Die Biosphäre ist ebenfalls am Prozess der Verwitterung beteiligt, und kann den Abtransport von Sediment erschweren und bisweilen verhindern. Alle Sphären sind wiederum bei der Herausbildung der Böden involviert, welche als Teil der Lithosphäre ihrerseits grundlegenden Einfluss auf die Biosphäre haben. Durch die Ausgestaltung der Oberflächenform, das Relief, beeinflusst die Lithosphäre ihrerseits das Klima (zumindest lokal) und die Hydrosphäre, indem sie die Fließrichtung und Abflussgeschwindigkeit von Wasser vorgibt.

Die Bedeutung der Lithosphäre für den Menschen manifestiert sich im Oberflächenrelief, in den vorhandenen Rohstoffen sowie in den prinzipiellen Wachstumsbedingungen im Wurzelraum der Pflanzen. Besonders Relief und Böden wird in so gut wie allen siedlungs- und landschaftsarchäologischen Analysen ausgiebig Raum gewidmet.

Unter allen physischen Faktoren prägt besonders das Relief die Landschaft durch seine formgebende Wirkung. Sanfte Hügellandschaften oder schroffe Felsformationen in Gebirgen haben unterschiedliche Wirkungen auf den Menschen. Das Relief bietet dem Menschen Möglichkeiten an, indem es je nach Ausformung geschützte Bereiche zur Verfügung stellt. So kann er aktiv seine Standorte wählen, um etwa auf Terrassen vor Hochwasser sicher zu sein, sich an bestimmten Hangexpositionen dem Wind abzuwenden oder um sich besser vor menschlichen Aggressoren verteidigen zu können. Darüber hinaus ermöglicht es Aussicht und Überblick und hat im Rahmen von Sehen und Gesehen-Werden soziale Funktion: häufig dient das Relief (sei es natürlich oder künstlich) zur Aufteilung des Raumes in Tabubereiche, die nur für bestimmte soziale Gruppen oder nur für Angehörige eines bestimmten Geschlechtes zugänglich sind. Dies hat zum Beispiel im phänomenologischen Ansatz Bedeutung (vgl. Kapitel 13.1).

Relief kann auch ein limitierender Faktor sein, indem es natürliche Grenzen vorgibt, Sichtverbindungen behindert oder Kommunikation erschwert. Steile Hänge können nur unter Einsatz von Technologie (z. B. Terrassierung) bewirtschaftet werden, Landschaften über einer bestimmten Höhenstufe eignen sich aufgrund der veränderten klimatischen

Bedingungen nicht mehr für bestimmte Formen der Landwirtschaft. Der Transport von Gütern ist etwa im alpinen Bereich mühsam, mit hohem Energieaufwand verbunden und oft auf einige wenige Täler und Pässe beschränkt, die relativ leicht von Machthabern kontrolliert werden können. Es ist daher verständlich, dass dem Relief in der Standortanalyse oder bei Berechnungen von Wegtrassen vorrangige Stellung zukommt (vgl. Kapitel 16.3).

Ähnlich wichtig erscheinen auch die Böden, da sie größte Bedeutung für die Landwirtschaft und somit auf die seit dem Neolithikum wichtigste Subsistenzform unserer Breiten haben. Neben Bodentyp, Klima und Relief sind auch die im Boden vorhandenen Nährstoffe extrem wichtig für das Pflanzenwachstum. Sie werden mit der Zeit ausgelaugt und müssen durch Brache oder Zugabe von Düngemittel wieder aufgefrischt werden. In Zeiten vor dem Einsatz von synthetischen Düngern rechnen Marcus Nüsser et al. mit Ertragsunterschieden, die für verarmte Böden der Mittelgebirge um den Faktor drei bis fünf niedriger waren als in den fruchtbaren Lössböden (NÜSSER et al. 2005, 370). Durch moderne Düngemittel lassen sich die Erträge immerhin bis zu einem Faktor 1,5 bis 2 annähern. Heute wird das Ertragspotenzial von Böden anhand verschiedener Kriterien bewertet und ertragsschwache Böden vielfach nicht mehr landwirtschaftlich genutzt, da sie als unrentabel gelten, obwohl sie „unter Umständen befriedigende natürliche Produktionsvoraussetzungen“ bieten würden (NÜSSER et al. 2005, 370).

John G. Evans betont die Textur der Erdoberfläche als soziales Ausdrucksmittel. Jenseits aller wissenschaftlichen Analysemethoden zu den Eigenschaften von Gestein, Sediment und Böden und über den rein funktionalen Nutzen von Boden als Mittel für die landwirtschaftliche Subsistenz hinaus ist die Oberfläche die Kontaktzone zwischen Mensch und Land (EVANS 2003, 45). Ihre räumliche Differenzierung scheint laut Evans ein wichtiges Konzept menschlicher Erfahrung und könne zum Beispiel in der Töpferei durch die bewusste Auswahl unterschiedlicher Zugaben zum Ton (Getreide, zermahlene Keramik, Schlacke) symbolische Funktion haben (EVANS 2003, 47 ff.). Nicht zuletzt sind Erde, Schlamm oder Ton wesentliche Bestandteile zahlreicher Schöpfungsmythen. Auch das Sinnbild der „Mutter Erde“, welches in der einen oder anderen Form in zahlreichen, um den ganzen Globus verstreuten Kulturen gepflegt wird, zeigt, dass Böden und Vegetation wohl auch jenseits einer Kosten-Nutzen-Rechnung Bedeutung für den Menschen hatten (SALISBURY 2010).

Darüber hinaus ist die Lithosphäre wichtigster Lieferant von Rohstoffen, deren Ausbeutung ganze Siedlungslandschaften verändern kann. Als Beispiel lässt sich hier das

obere Bakov-Tal in Tschechien anführen, welches aufgrund seines steil ausgeprägten Reliefs erst zu jener Zeit besiedelt wurde, als man mit dem Abbau von Sapropelit begann (NEUSTUPNÝ 2003, 294).

6.2.6.1 Wandel der Lithosphäre

So wie die anderen Sphären ist auch die Lithosphäre einem ständigen Wandel unterworfen. Dieser Wandel beschränkt sich – zumindest in den für den Archäologen relevanten zeitlichen Maßstäben – jedoch auf die oberflächennahen Bereiche. Wie bereits ausführlich weiter oben diskutiert, kommt es durch die Verwitterung zu einer Zerkleinerung und chemischen Umwandlung des Ausgangsgesteins, durch Erosion zu einem punktuellen, linearen und flächigen Abtrag von verwittertem Gestein und somit zu einem veränderten Relief. Pedogenetische Prozesse führen zur Ausformung von Böden und deren ständiger Weiterentwicklung, die sich in der Ausbildung von Bodenhorizonten zeigt. So kann es durch ein feuchteres Klima zu einer Hydromorphierung von Böden kommen (z. B. Vergleyung durch Stauwasser) (FAUST 2007b, 363 f.). Intensive landwirtschaftliche Nutzung kann zu einer Verarmung der Böden und zur Erosion des Oberbodens führen (SCHROEDER 1992, 89). Daher lassen sich durch Beobachtung des Bodenprofils im günstigen Fall auch Aussagen zur Umweltgeschichte eines bestimmten Platzes machen.

An der Veränderung der Lithosphäre ist auch der Mensch maßgeblich beteiligt, vor allem durch die Landwirtschaft und die damit einhergehende Veränderung der Vegetation. Charles L. Redman argumentiert, dass die Umwelt bereits unter den frühesten Ackerbauern gravierend verändert wurde, wenn auch aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte in einem kleinen, lokalen Rahmen (REDMAN 1999, 95). Er bringt Beispiele aus dem mediterranen Raum, wo ein früh einsetzender und lange andauernder Ackerbau dramatische Auswirkungen auf Bodenerosion und die Pflanzenwelt hatte: Statt Eichenwäldern finden sich heutzutage nur noch Sträucher und Disteln, die dem durch den Menschen verursachten Stress besser gewappnet sind (REDMAN 1999, 102).

Die im Boden vorhandenen natürlichen Nährstoffe werden durch den Ackerbau mit der Zeit ausgelaugt beziehungsweise durch Erosion abtransportiert. Gleichzeitig verringert sich die Umbildung des organischen Materials. Das Nährstoffangebot muss daher durch Brache oder Zugabe von Düngemittel wieder angereichert werden. Zusätzlich fördert intensiver Ackerbau auf lehmigen Böden dessen Kompaktheit, was sich negativ auf die Durchlüftung und den Wasserhaushalt und somit auf den Ertrag auswirkt (BUTZER 1982, 145 f.).

Wie bereits weiter oben anhand des Aktivitäts-Stabilitätskonzeptes nach Rohdenburg angedeutet wurde (vgl. S. 58), hat die Vegetation Auswirkungen auf die Formung, Entwicklung und Erosion von Böden. Durch die im Zuge der Landwirtschaft immer wiederkehrende, oft monatelange Entfernung der Vegetationsdecke haben Wind und Wasser auf den durch das Pflügen gelockerten Boden verstärkt erodierende Wirkung (RAPP, HILL 2006, 193).

Darüber hinaus bringt die Landwirtschaft auch bewusste Veränderungen des Oberflächenreliefs, wie Terrassierung oder Wölbäcker, die ganze Landstriche prägen können. Im Zusammenhang mit bewussten, in Kauf genommenen Veränderungen des Reliefs der Landschaft kann man auch auf Rohstoffentnahmen verweisen, die als Tagebau eine Landschaft und deren Relief nachhaltig verändern können. Im Arbeitsbereich des Autors – Ostösterreich und seine Umgebung – sind vor allem Pingenfelder, Steinbrüche, Silexabbau oder Schotterentnahmen erwähnenswert.

Zu guter Letzt soll noch darauf hingewiesen werden, dass auch das tägliche Leben in Siedlungen seine Spuren in der Lithosphäre hinterließ. Das Ausheben von Gruben, Gräben, Gräbern etc. bedeutet auch eine lokale und kleinräumige Zerstörung des Bodenprofils. Die in der Regel unterschiedlichen Füllungen nach Aufgabe der Nutzung dieser Objekte bilden gemeinsam mit anderen natürlichen und anthropogenen Sedimentverlagerungen die Stratifikation einer Fundstelle. Ihre veränderten physikalischen und chemischen Eigenschaften sind die Basis für ihre Erkennbarkeit durch unterschiedlichste Prospektionsmethoden.

6.3 Hydrosphäre

Wasser unterliegt einem ständigen Kreislauf aus Verdunstung und Niederschlag. Es besteht somit ein enger Zusammenhang zwischen der Hydrosphäre und dem Klima. Wenn Wasser durch Niederschlag als Regen, Schnee oder Hagel auf die Erdoberfläche fällt, kommt es je nach Bodenbeschaffenheit, Relief, Vegetation oder Temperatur zu einer unterschiedlichen „Verweildauer“, bis es wieder verdunstet (SCHULTE et al. 2007, 452).

Vereinfacht gesagt dringt jener Teil des Niederschlages, der es bis auf die Erdoberfläche schafft, je nach Intensität oder Aggregatzustand (Schnee) früher oder später in den Boden ein oder fließt an dessen Oberfläche ab. Dringt Wasser in den Boden ein („Infiltration“), so verbleibt je nach Bodenart ein Teil durch die Adhäsionskraft seiner Partikel als Haftwasser im Boden, bis es sich entweder verflüchtigt oder von Pflanzenwurzeln aufgenommen wird und an der Blattoberfläche verdunstet. Der andere Teil dringt durch die Gravitation als Sickerwasser tiefer in den Boden ein, und erreicht als Teil des Bodenwasserstroms ein Fließgewässer

oder dringt bis zum Grundwasser vor (AHNERT 1996, 175; SCHULTE et al. 2007, 459). Der nicht in den Boden eindringende Niederschlag fließt als Oberflächenwasser ab, bis es sich mit stehenden oder fließenden Gewässern verbindet und – sofern es nicht von Mensch oder Tier anderweitig genutzt wird – mit der Zeit ebenfalls verdunstet, um an anderer Stelle wieder als Niederschlag zu fallen.

Die gesamte Verdunstung wird auch als „Evapotranspiration“ bezeichnet. Diese setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: dem Anteil an Verdunstung aus Boden-, Pflanzen- und offenen Wasseroberflächen (Evaporation) sowie der über den Stoffwechsel der Organismen stattfindenden verdunstenden Ausscheidungen (Transpiration) (SCHULTE et al. 2007, 455).

6.3.1 Grundwasser und Quellen

Je nach Boden- und Gesteinsart kann Sickerwasser gemäß der Schwerkraft durch die Hohlräume (Poren, Klüfte, Höhlen) ins Erdinnere bis zu einer wasserundurchlässigen Schicht (Aquiklud, meist Ton oder Silt) (AHNERT 1996, 178) eindringen und wird dort zum Grundwasser, einer vom Wasser „gesättigten Zone“ welches die Hohlräume der Grundwasser führenden Schicht („Aquifer“) zur Gänze ausfüllt. Die obere Grenze nennt man Grundwasserspiegel (GOUDIE 2002, 368). Schätzungsweise 97 % des nicht an den Polarkappen gebundenen Süßwassers liegen als Grundwasser vor. Die Verweildauer von Wasser als Grundwasser ist höchst unterschiedlich. Manche Vorräte sind geschätzte 30.000 bis 40.000 Jahre alt (GOUDIE 2002, 368 und 370).

Das Grundwasser fließt gemäß der Schwerkraft entlang des Aquikluds und tritt an Hängen als Quelle (Schichtquelle) oder Sickerwasser aus. Da der Aquiklud meist annähernd horizontal verläuft, finden sich Schichtquellen meist auf ähnlicher Höhe und bilden den sogenannten „Quellhorizont“. Zudem werden noch Hangschuttquellen (wenn Regolith auf einem Aquiklud liegt und der Grundwasserstrom in längs zum Hang gerichteten Hohlformen konvergiert), Verwerfungsquellen, artesischen Quellen, Karstquellen und Geysire unterschieden (AHNERT 1996, 178–182).

Das Grundwasser hat zweierlei Bedeutung: Es speist auch in trockenen Zeiten die Fließgewässer und erhält somit „die Lebensbedingungen für die Pflanzen und Tiere im Ökosystem Bach bzw. Fluss“, und hatte zu allen Zeiten wichtige Bedeutung als Trinkwasser (SCHULTE et al. 2007, 459). Gibt es in einer Region keine Quellen, so muss nach Grundwasser gegraben werden. Brunnen sind in unserem Raum bereits seit dem frühesten Neolithikum bekannt (KOSCHIK 1998).

Die Höhe des Grundwasserspiegels kann variieren. Hauptfaktoren sind die Grundwasserneubildung (durch bis zum Grundwasser einsickernden Niederschlag) und der

Grundwasserentzug (Quellen, Brunnen oder Abtransport durch Flüsse) (AHNERT 1996, 177). Daneben kann es aber auch durch menschliche Aktivitäten (etwa Bergbau, Tiefbau) zu Veränderungen des Grundwasserspiegels kommen (FRÜHAUF 2007, 314), was zum Teil drastische Auswirkungen auf die Pflanzenwelt haben kann. H. Jankuhn macht in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, dass ein sich verändernder Grundwasserspiegel auch Einfluss auf das Siedlungsverhalten haben müsste (JANKUHN 1977, 63).

6.3.2 Flusssysteme

Flusslandschaften können als äußerst dynamische Systeme betrachtet werden, welche prinzipiell aus einem Netz aus Flüssen unterschiedlicher Ordnung, ihren begleitenden Talauen sowie den im Laufe der Zeit durch den Fluss entstandenen Terrassen bestehen (ZÁMOLYI et al. 2012 [im Druck]).

6.3.2.1 Flüsse

Räumlich betrachtet formen Relief und der geologische Aufbau unterschiedlich große Einzugsgebiete, in denen das gesamte Wasser (Oberflächen- und Grundwasser) auf eine Stelle zuströmt. Die jeweiligen Einzugsgebiete (*catchment*) werden durch fließende Gewässer entwässert, die ihrerseits – sofern sie nicht versiegen – in ein Gewässer nächsthöherer Ordnung oder letztendlich in einen Ozean münden. Ein Gewässernetz lässt sich also als ein hierarchisches System von Fluss-Segmenten unterschiedlicher Ordnung betrachten. Je höher die Ordnungszahl, desto größer ist auch der Einzugsbereich des Gewässers (WATERS 1992, 116; SCHULTE et al. 2007, 453).

Prinzipiell werden Flüsse aus dem Basisabfluss des Grundwassers (*baseflow*) und dem aus Niederschlägen stammenden Oberflächenwasser (abzüglich Verdunstung und Entnahme durch Vegetation, Tiere und Mensch) innerhalb eines Einzugsgebietes gespeist (AHNERT 1996, 176 f.) und führen das Wasser – „angetrieben“ von der Schwerkraft – entlang des geringsten Widerstandes zum Meer (WILKINSON, STEVENS 2003, 67). Je nach deren hydrologischer Charakteristik können Flüsse das gesamte Jahr über Wasser führen, sie können aber auch temporär versiegen, wenn zum Beispiel während einer Trockenzeit der Grundwasserspiegel unterhalb des Flussbettes absinkt (AHNERT 1996, 182; WATERS 1992, 119).

Wie bereits weiter oben beschrieben wurde (vgl. Kapitel 6.2.5), kommt es durch flächig abfließendes Wasser zur Verlagerung oberflächennaher Sedimente, der sogenannten Spüldenudation (*sheet flow*). Die dem Fluss zugeführten Sedimente werden Flussfracht genannt und mit dem Wasser weiter transportiert. Man unterscheidet Lösungsfracht (Stoffe aus der chemischen Verwitterung) und Feststoff-

fracht: Schwebfracht (kleine und leichte, feste Teilchen, die „schwebend“ transportiert werden), Geröll- oder Bodenfracht (am Boden des Flussbettes geschobene oder gerollte Schotter und Kiese) und Schwimmfracht (Äste, Treibgut) (SCHMIDT 2007a, 293; AHNERT 1996, 191).

Die von einem Fluss transportierbaren Korngrößen sind eine Funktion der Fließgeschwindigkeit, die wiederum mit dem Gefälle der Erdoberfläche zunimmt. Die Zusammenhänge sind in der Hjulström-Kurve dargestellt (TUCKER 1985, 25). Dabei bedarf es zum Teil höherer Energie (in Form von Fließgeschwindigkeit), um etwa Schwebfracht zu erodieren als für deren anschließenden Transport, der auch bei geringerer Geschwindigkeit noch stattfindet (WATERS 1992, 120). Geröllfracht benötigt sowohl für Erosion als auch Transport hohe Energien.

Wenn ein Fluss mehr Feststofffracht transportieren kann, als er aktuell mit sich führt, dann kommt es zur Tiefenerosion des Flusses; im umgekehrten Fall wird Flussfracht abgelagert und Talböden aufgeschüttet (SCHMIDT 2007a, 294). Gefälle, Abfluss und Flussfracht sind auch für die horizontale Ausformung eines Flusses verantwortlich (WATERS 1992, 123). Herkömmlicherweise unterscheidet man gerade, mäandrierende, verzweigte (*braided*) und miteinander verbundene (*anastomosing*) Flüsse.

Verzweigte Flüsse besitzen ein breites Flussbett, welches oft den gesamten Talboden einnehmen kann. Innerhalb dieses Bettes fließt das Gewässer in sich ständig ändernden, miteinander verbundenen Kanälen, die durch stromlinienförmige Schotter- und auch Sandbänke voneinander getrennt werden. Diese Flussform tritt vor allem in Gebieten mit einem hohen Grad an physikalischer Verwitterung und steilen Hängen auf. Der Abfluss ist gekennzeichnet von temporären Spitzen (z. B. Schneeschmelze), längeren Phasen geringen Durchflusses und partieller Austrocknung (WATERS 1992, 124 f.; SCHMIDT 2007a, 293; AHNERT 1996, 211). In unserem Raum findet man verzweigte Flüsse vor allem im Gebirge und im Alpenvorland (z. B. der Tagliamento). Die Erhaltungsbedingungen für Fundstellen etwa auf den Schotterbänken sind denkbar schlecht. Archäologische Funde sind meist postdepositional verlagert (WATERS 1992, 126).

Gerade Flüsse sind in der Natur selten. Wenn, dann treten sie meist in geraden Kerbtälern auf. Geradlinige Flussverläufe in Sohl-tälern sind meist absichtlich vom Menschen geformt (AHNERT 1996, 209). Die Unterscheidung zum mäandrierenden Fluss kann aufgrund der Sinuosität erfolgen. Für die Berechnung der Sinuosität gibt es verschiedene Varianten (ZÁMOLYI et al. 2012 [im Druck]), welche – vereinfacht gesagt – alle als Quotient aus Gerinne- und Tallänge ermittelt werden. Unterschiede ergeben sich vor allem aufgrund



Abb. 8: Paläomäander der Leitha, welcher sich als Bewuchsmerkmal im Luftbild zeigt. Während der Prallhang klar abgegrenzt erscheint, ist der Gleithang durch unterschiedlich abgelagertes Material gegliedert (© bmlvs/luauflksta).

der Ermittlung der Distanzen (z. B. für Tallänge: Länge des Tales oder der Achse des Gerinnegürtels). Von einem geraden Fluss spricht man bei einem Quotienten kleiner als 1,5.

Mäandrierende Flüsse haben eine Sinuosität, die größer als 1,5 ist. Sie formen sich in Gebieten mit geringem Gefälle und schwer erodierbaren Ufern. Sie weisen eine geringe Energie auf, Schotter finden sich daher nur dort, wo die Strömung ihre größte Geschwindigkeit hat: an der Basis der Flussbetten (WILKINSON, STEVENS 2003, 70). An den Ufern werden vor allem Sande und Tone abgelagert. Bei Hochwasser mit ausreichender Turbulenz werden Teile der Geröllfracht und Sande in Ufernähe abgelagert – es entstehen natürliche Uferdämme (*natural levees*) (AHNERT 1996, 206). In der Überschwemmungsebene außerhalb dieser Dämme wird bei Hochwasser vor allem feines Material der Schwebfracht (Silt und Ton) abgelagert (WILKINSON, STEVENS 2003, 71).

Ein Querschnitt durch das Flussbett innerhalb einer Mäanderkrümmung zeigt einen asymmetrischen Verlauf mit der tiefsten Stelle am Außenufer (Prallhang – *cut bank*). Hier erodiert der Fluss das anstehende Sediment, indem er den Prallhang unterschneidet. Am gegenüberliegenden Ufer befindet sich der Gleithang, an dem das erodierte Material an den Uferbänken (*point bars*) abgelagert wird (WATERS 1992, 131; AHNERT 1996, 216). Dies lässt sich auch sehr gut anhand von Paläomäandern in Luftbildern erkennen (Abb. 8), wo sich die Grenzen der Prallhänge meist klar abzeichnen, während Gleithänge durch die Ablagerungen gegliedert erscheinen.

Durch die Seitenerosion verändern sich die Form und Lage der Mäanderbögen: Der Mäander wandert mit der Zeit flussabwärts (BROWN 1997, 26; SCHMIDT 2007a, 292). Wenn von zwei benachbarten Mäanderschlingen gleichsinniger Richtung die Obere an ihrem Prallhang das Material rascher



Abb. 9: Leitha, NÖ: Altwasser nach erfolgter Halsabschnürung des ehemaligen Mäanderbogens (© bmlvs/luauflksta).

erodiert, wird sie schneller talabwärts wandern. Dadurch nähert sie sich der unteren Schlinge, und der zwischen ihnen liegende Mäandersporn wird schmaler. Schließlich kann er durch die Seitenerosion durchbrochen werden. Man spricht bei diesem Vorgang von einer Halsabschnürung (*neck cut-off* – Abb. 9). Im Falle wiederholter Hochwässer kann es auch zu einer Sehnenabschnürung (*chute cutoff*) kommen, bei der zwei Mäander durch die während des Hochwassers stattfindende Erosion des Talbodens geradlinig miteinander verbunden werden. In beiden Fällen fließt der Fluss in Zukunft die kürzere Strecke und der abgeschnittene, ehemalige Mäander wird an beiden Enden mit tonigem Material verschlossen zu einem Altwassersee (*oxbow lake*), der mit der Zeit zusedimentiert, versumpft und entsprechende Vegetation aufweist (AHNERT 1996, 216 f.; BROWN 1997, 28; WATERS 1992, 135 f.).

Der vom Altwasser des ehemaligen Mäanders umgebene innere Bereich ist etwas erhöht. Gibt es zahlreiche abgeschnittene Mäander, so kann sich der Fluss nur noch innerhalb eines verhältnismäßig schmalen Bandes bewegen. Durch weitere Sedimentation erhöht sich der Bereich, was zu einer instabilen Situation führen kann. Im Zuge von Hochwässern kommt es in der Folge zu einem seitlichen Ausbrechen (*avulsion*) des Flusses, der nun an einer tieferen Stelle der Überschwemmungsebene einen völlig neuen Lauf nimmt und ein längeres Stück eines mäandrierenden Flusses stilllegt (WATERS 1992, 137; BROWN 1997, 26, 29; WILKINSON, STEVENS 2003, 73 f.). Ergebnis ist eine Kette von Altwasserseen. Eine solche Abfolge ehemaliger Mäander zeigt sich z. B. entlang der steirischen Lafnitz als sogenanntes „Flutmerkmal“ (Abb. 53).

Während archäologische Funde in den Ablagerungen am Gleithang meist bereits verlagert sind, finden sich Fundstellen in den oberen Bereichen der Dämme, im erhöhten



Abb. 10: Hochwasser der Leitha vom April 1965. Das Bild zeigt das Ortsgebiet von Leithaprodersdorf (© bmlvs/luaufklsta).

Bereich innerhalb von Altwassern und in der Überschwemmungsebene oft in ungestörter Lage (WATERS 1992, 138).

Innerhalb ein und desselben Flusslaufs können je nach Breite, Länge und Gefälle einzelner Talabschnitte alle hier besprochenen Formen vorkommen (SCHMIDT 2007a, 292). Neben dieser räumlich unterschiedlichen Ausgestaltung unterliegen Flussläufe auch einem zeitlichen Wandel. Vor allem Klima, Vegetation und anthropogene Eingriffe wirken sich auf Abfluss und somit auf Lage und Form des Flusses aus. Deshalb sind Flüsse dynamische Systeme, welche sich in Abhängigkeit dieser Faktoren verhältnismäßig rasch ändern können (BRIDGE 2003, 328 ff.).

6.3.2.2 Überschwemmungen und Talauen

Eine *Überschwemmung oder Hochwasser* ist dann gegeben, wenn das Wasser eines oberirdisch fließenden oder stehenden Gewässers über einen bestimmten kritischen Höhenwert hinaus ansteigt (*bank full discharge*) (DIKAU, POHL 2007, 1041). An einem Fluss sind jährlich aufgrund der Schneeschmelze im Einzugsbereich stattfindende Hochwasser ein natürliches Phänomen, welches für das System einer Flusslandschaft wichtig ist. Auch extreme Hochwasser, die durch Schneeschmelze, Eisstau, Dauer- oder Starkregen oder einer Kombination aus mehreren Faktoren ausgelöst werden können (DIKAU, POHL 2007, 1042, Tab. 29.2.5), gehören zu einem dynamischen Flusssystem.

Die Häufigkeit größerer Hochwasserereignisse ist variabel. Phasen vermehrter Überflutungen wechseln sich mit ruhigeren Perioden ab. Entlang des niederösterreichischen Kamps konnten zwischen 1709 und 1829 etliche (mindestens

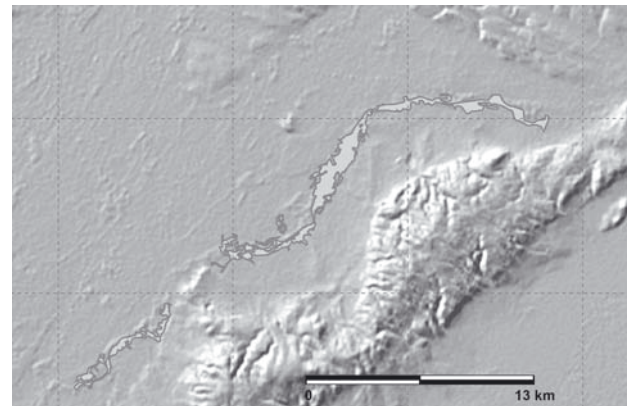


Abb. 11: Ausschnitt aus der Kartierung des Hochwassers vom April 1965. Hintergrund: schattiertes SRTM-Geländemodell (© Andras Zámolyi).

17) größere Hochwasser aufgezeichnet werden, wobei zwei davon als katastrophal zu bezeichnen sind (WIESBAUER 2004, 11–14). Extreme Überflutungen, wie sie zum Beispiel für den Juli 1342 belegt sind (BORK, DREIBRODT 2007; BORK et al. 1998, 29), werden gerne als Jahrhundert-Hochwasser bezeichnet, da ihr Pegelstand statistisch gesehen nur alle 100 Jahre erreicht wird, was jedoch nichts über tatsächliche Häufigkeit oder Zeitpunkt des Auftretens aussagt.

Unsere heutigen Flüsse sind mit den ehemaligen dynamischen Flusssystemen nicht mehr zu vergleichen. In unserem Raum sind mittlerweile so gut wie alle Flüsse, Bäche und deren Talauen anthropogen verändert. Sie wurden in ein neues, begradigtes Bett mit befestigten Ufern gezwungen und werden dort, wo es aufgrund der topografischen Situation nötig erscheint, von Dämmen begleitet. Talauen wurden vielfach trockengelegt und werden für den Ackerbau genutzt. Vor allem die Begradigung in den Oberläufen hat zu einem stark veränderten Abflussverhalten geführt (BORK et al. 1998, 157 f.), bei dem ein Überschuss an Wasser nicht mehr in den begleitenden Talauen verweilen kann, sondern rasch abgeleitet wird und sich vermehrt in den Unterläufen sammelt, wo es dadurch zu einem verstärkten Hochwasserrisiko kommt (DIKAU, POHL 2007, 1041). Halten die Dämme dem Druck des vermehrten Wassers nicht stand, so kommt es zu extrem zerstörerischen Hochwasserkatastrophen, wie zuletzt 1997 an der Oder bzw. 2002 entlang der Elbe und der niederösterreichischen March. Diese wirken sich umso drastischer auf den Menschen aus, als man im vermeintlichen Schutz der Dämme begonnen hatte, auch auf den als hochwassergefährdet bekannten Stellen zu siedeln.

Wichtige Faktoren einer Überschwemmung sind ihre Höhe, die Größe des betroffenen Gebietes, ihre Dauer und die im Wasser mitgeführte Fracht (DIKAU, POHL 2007, 1058; GILLINGS 1998, 128). Ein Hochwasser breitet sich entlang

des Verlaufs eines Gewässers als „Hochwasserwelle“ aus (DIKAU, POHL 2007, 1041). Dies konnte anhand von Luftbildern einer Hochwasserkatastrophe entlang der Leitha aus dem Jahr 1965 anhand des überschwemmten Bereiches beobachtet werden. Damals hatten sich zum Zeitpunkt der Aufnahmen am 24. April 1965 an verschiedenen Stellen Überflutungsebenen mit unterschiedlichem Ausmaß gebildet, die sich vor allem aus dem Unterschied des jeweiligen lokalen Reliefs ergaben (Abb. 10 und Abb. 11) (ZÁMOLYI et al. 2012 [im Druck]).

An der ungarischen Theiß berichtet Mark Gillings für den Zeitraum vor ihrer Regulierung von drei prinzipiellen Arten von Hochwassern: jährliche, größere (im Schnitt alle 7 Jahre) und unvorhersehbar Extreme (GILLINGS 1998, 122). Angesichts der heutigen Maßnahmen für den Hochwasserschutz (so wurden an der niederösterreichischen Leitha Ende der 1990er Jahre zwei große, insgesamt fast 4 Millionen m³ fassende Rückhaltebecken errichtet) lassen sich jedoch Ausmaß und Wirkung von Hochwasserereignissen, wie sie in (prä-)historischen Zeiten stattgefunden haben, nur schwer nachvollziehen. M. Gillings versuchte daher, die Fluten an der Theiß mit Hilfe von GIS und Fuzzy-Logik zu modellieren (GILLINGS 1998; 1997; 1995). Er betont dabei, dass für das überschwemmte Gebiet nicht einfach eine binäre Logik (entweder trocken oder überschwemmt) gilt, sondern je nach Wasserhöhe innerhalb eines bestimmten Bereiches ein Übergang von „unter Wasser“ bis „trocken“ stattfindet (GILLINGS 1998, 129).

Anikó Horváth untersuchte Siedlungsverteilungen in Flussnähe in Abhängigkeit von Klima und kommt zu dem Schluss, dass Flusssysteme in feuchten klimatischen Perioden generell stabiler sind und die Flüsse zu weniger extremen Flutereignissen neigen als in trockenen Zeiten (HORVÁTH 2004). Vor allem in klimatischen Übergangsperioden komme es vermehrt zu Hochwasserereignissen.

Überschwemmungen sind ein wesentlicher Faktor für die Entstehung von *Talauen*. Diese sind neben Terrassen und Talflanken Bestandteil eines Flusssystems. In den Talböden bilden sich Talauen (auch: Flussaue, Überschwemmungsebene, Überflutungsebene; engl.: *floodplain*), mehr oder weniger ebene Gebiete entlang eines Flusses, welche durch häufige Überschwemmungen geprägt sind (BROWN 1997, 17). Bei Hochwasser entstehen in Ufernähe Dämme aus größerem Material, während sich in den weiter entfernten Bereichen der Talaue die Schwebfracht zu Boden sinkt und zur Ausbildung der Auenlehme beiträgt (AHNERT 1996, 207).

Laut Hansjörg Küster gab es zu Beginn des Neolithikums noch keine von einer Auenlehmdecke und dem darauf befindlichen typischen Bewuchs geprägte Talaue (KÜS-

TER 1996, 69, 93 ff.). Diese bildete sich erst durch die mit dem Ackerbau einhergehende großflächige Bodenerosion, durch die das Sediment zu den Flüssen transportiert wurde.

Mit dem Fluss ist auch die Talaue als dynamisches System zu verstehen, welches sich ständig wandelt. Daran sind nicht nur die häufig wiederkehrenden kleineren oder größeren Hochwasserereignisse beteiligt; vielmehr sind ein Großteil der Strukturen in einer Talaue auf die Änderungen der Lage und Form des Flusses und seiner Mäander selbst zurückzuführen. Zahlreiche Formationen, welche im Relief (Erhebungen, Senken), im Bewuchs (veränderte Vegetation, aber auch Bewuchsmerkmale) oder in Profilen (Ablagerungen unterschiedlicher Sedimente) erkannt werden können, zeugen von vergangenen Ereignissen wie Überschwemmungen, Mäanderabschnürungen oder Flussverlagerungen. Mit ihrer Erkundung und Kartierung lässt sich die zum Teil bewegte Geschichte einer Talaue erforschen (BROWN 1997, 17, 25).

Die Kenntnis der Art und Weise, wie ein Fluss seine Talaue „umarbeitet“, ist eine wichtige Grundlage für die landschaftsarchäologische Interpretation. Vor allem interessiert die Ausdehnung des tatsächlich vom Fluss benutzten Gürtels innerhalb der Talaue. Andrew G. Brown merkt an, dass Flüsse oft nur innerhalb eines im Vergleich zur gesamten Talaue verhältnismäßig schmalen Bereiches „oszillieren“ und manchmal ihren Verlauf über längere Zeiträume nur wenig verändern (BROWN 1997, 23). Diese Stabilität kann sich aber auch nur auf kürzere Abschnitte eines Flusslaufes beziehen. So zitiert er J. M. Hooke (HOOKE 1977), die einen Fluss im englischen Devon untersuchte und feststellte, dass er an 40 % seines Verlaufes eine hohe Migrationsrate (100 m in 50 Jahren) aufwies, während er an der restlichen Strecke bemerkenswert stabil war (BROWN 1997, 26). Anders verhielt sich die Donau bei Wien vor ihrer Regulierung: Sie war stark verzweigt und alles andere als stabil. Elisabeth Strömmer, die sich mit historischen Aufzeichnungen zur Klimageschichte beschäftigt, vermerkt: „Jedes Hochwasser, jede Trockenperiode und jeder Eisstoß veränderte den Lauf des Flusses“ (STRÖMMER 2003, 20).

Da vielfach beobachtet werden kann, dass Siedlungen entlang von Flüssen angelegt wurden, kann die Verlagerung eines Flusses in einen anderen Teil der Talaue zu „Verzerrungen“ im Verbreitungsbild von Fundstellen führen (BROWN 1997, 37). Einerseits werden sie durch das „Wandern“ von Mäandern oder ganzen Flussabschnitten zerstört, andererseits durch Alluvien begraben (BROWN 1997, 280). Manche Fundstellen können jedoch auch über lange Zeit „unbeschadet“ in situ erhalten bleiben (z. B. GILLINGS 1997, 2b, siehe auch weiter unten in diesem Kapitel).

Bei einem weitgehend stabilen Flussverlauf kommt es über einen langen Zeitraum zur schichtweisen Überlage-

rung von Auenlehmen. Durch die langsame Akkumulation kann es zur Bodenbildung kommen. Archäologische Überreste haben eine gute Chance, *in situ* erhalten zu bleiben, wobei durch das feuchte Regime auch hervorragende Erhaltungsbedingungen für organische Reste einhergehen. Keith Wilkinson und Chris Stevens bringen das Beispiel eines eisenzeitlichen romano-britischen Flursystems, welches im Bereich der Talaue an der oberen Themse sogar im Luftbild zu erkennen war (WILKINSON, STEVENS 2003, 71).

Durch die stete Akkumulation können die Fundstellen jedoch auch aus dem „Blickfeld“ der Archäologen verschwinden. Andrew G. Brown erwähnt Untersuchungen im Oaxaca Tal Südmexikos, anhand derer gezeigt werden konnte, dass bei einer mäßigen Akkumulationsrate von 0,25 cm pro Jahr nach etwa 1.000 Jahren nur noch 0,004 % der oberflächlich erhaltenen Scherben auffindbar sind (BROWN 1997, 39). Bei derart begrabenen Fundstellen sind Feldbegehung und auch Luftbildarchäologie chancenlos. Deshalb müsse sich der Archäologie in diesen Fällen anderer Prospektionsmethoden bedienen, wie der geophysikalischen Prospektion (Seismik und Widerstandsmessung), systematischem Absuchen von Aufschlüssen, der Archäoprognose oder systematischer Bohrprofile (BROWN 1997, 41). Keine dieser Methoden kann jedoch ähnlich gute, systematische Resultate erhoffen lassen, wie wir sie von Begehung und Luftbildarchäologie außerhalb der Talauen gewohnt sind.

Die Feststellung, Luftbildarchäologie und Begehung seien in der Talaue nicht zielführend, erscheint jedoch zu kurz gegriffen. Die vorgefasste Meinung, dass sich in einer Talaue Fundstellen durch Erosion und Akkumulation in der Regel zerstört werden oder sich zumindest nicht oberflächennah erhalten, hält viele Archäologen davon ab, Zeit und Geld in eine „herkömmliche“ Prospektion dieser Gebiete zu investieren. Wolf-Dieter Becker et al. konnten jedoch aufzeigen, dass auch Begehungen vor allem in weitläufigen Talauen zum Teil beachtliche Resultate erzielen können (BECKER et al. 2001). So zeigten sich im Indetal auf den heute noch leicht erhobenen Sand- und Schotterinseln Spuren des Neolithikums (BECKER et al. 2001, 272). Ähnliche Beobachtungen konnte M. Gillings auch an der Tisza in Ungarn machen. Dort dürften entsprechende Funde belegen, dass der Fluss seit Beginn des Holozäns keine größeren Veränderungen erfahren hat – die Altwasserseen haben scheinbar bereits seit dem Neolithikum bestanden. Die Auenlehme zeigten jedoch ein höchst unterschiedliches Muster mit Bereichen ohne nennenswerte Bedeckung und Stellen, an denen die Lehmdecke bis zu sechs Meter hoch akkumuliert war (GILLINGS 1997, 2b).

Talauen sind somit nicht als weiße Flecken in der archäologischen Landschaft hinzunehmen. Selbst herkömm-

liche Prospektionsmethoden, wie Luftbildarchäologie und Begehung können erfolgreich sein. Allerdings verhindert die höchst unterschiedliche Dicke der Auenlehmdecke und in manchen Fällen vom Fluss „überarbeitete“ Gebiete eine systematische Erfassung der Fundstellen und resultiert in Verzerrungen der Fundstellenverbreitung. Die archäologische Interpretation von Talauen bleibt deshalb schwierig.

6.3.2.3 Flussterrassen

Flussterrassen sind „Reste ehemaliger Talböden, die nach weiterer Vertiefung des Tals am Hang zurückbleiben“ (AHNERT 1996, 234). Sie entstehen durch abwechselnde Phasen der Tiefenerosion und Seitenerosion beziehungsweise Akkumulation. Anhand ihrer Genese unterscheidet Ahnert zwei Typen: Felssohlenterrasse und Aufschüttungsterrasse.

Die Felssohlenterrasse (auch Erosionsterrasse ENDLICHER 2007a, 235) entsteht durch eine dreiphasige Entwicklung, bei welcher der Fluss nach einer Tiefenerosion den Talboden durch Seitenerosion verbreitert, um sich dann wieder in die Tiefe einzuschneiden (AHNERT 1996, 235). Die Aufschüttungsterrasse (auch Akkumulationsterrasse – SCHELLMANN 2007, 330) entsteht durch Akkumulation von Schotter und darauf erfolgende erneute Tiefenerosion des Flusses, wodurch der zuvor aufgeschüttete Talboden die Terrasse bildet. Durch wiederholte Phasen der Akkumulation und Tiefenerosion können so komplexe Abfolgen entstehen, wobei die höchsten Terrassen auch die ältesten sind (AHNERT 1996, 235 f.; WATERS 1992, 149 ff.).

Die Gründe für das veränderte Verhalten von Flüssen (Tiefenerosion – Seitenerosion oder Akkumulation) sieht F. Ahnert hauptsächlich in Klimaschwankungen, tektonischer oder isostatischer Hebung der Landmasse oder in eustatischen Meeresspiegelschwankungen (AHNERT 1996, 237). An einem Fluss, der keine Phasen der Tiefenerosion hatte, konnten sich auch keine Terrassen ausbilden (BROWN 1997, 35).

Terrassen sind oft nur schwer zu erkennen. Vielfach fällt die Unterscheidung zu künstlichen aufgeschütteten Terrassen oder anderen geologischen Formationen schwer (BROWN 1997, 34). Ihre Erkennung und Kartierung ist jedoch von archäologischem Interesse, da sie aus zwei Gründen besonders häufig Reste materieller Hinterlassenschaft tragen: Terrassen wurden erstens gerne besiedelt, da sie trockene Standorte bei gleichzeitiger Nähe zum Fließgewässer boten. Zweitens werden ausgeformte Terrassen, da sie sich nur im Zusammenhang mit Tiefenerosion bilden, vom Fluss in der Regel nicht mehr an ihrer Oberfläche erodiert (BROWN 1997, 36). Archäologische Fundstellen finden sich auf Terrassen daher in der Regel *in situ*. Archäologisch problematisch erscheint eher die Seitenerosion, durch die zum



Abb. 12: Zwentendorf, NÖ: Bereich des römischen Limeskastells (rot), welches bereits zur Hälfte von der Donau erodiert wurde (© Luftbildarchiv, Inst. f. Ur- und Frühgeschichte, Wien).

Teil erhebliche Teile einer Terrasse durch den Fluss abgegraben werden können. So ist zum Beispiel bei Zwentendorf in Niederösterreich mindestens die Hälfte des ehemaligen römischen Limeskastells von der Donau durch Seitenerosion abgegraben worden und nicht mehr erhalten (Abb. 12).

6.3.3 Hydrosphäre, Landschaft und Mensch

Die Hydrosphäre spielt eine wesentliche Rolle in einer Landschaft und prägt ihr Aussehen. Wird die Lithosphäre im übertragenen Sinn als das Skelett der Landschaft gesehen, so sind die Flusssysteme deren Adern. Wasser ist – wie bereits im vorherigen Kapitel zur Lithosphäre gezeigt werden konnte – neben Gletschern und Wind der wichtigste Faktor für die Schaffung von „Skulpturformen“ (AHNERT 1996, 13). Fließendes Wasser ist mitunter Auslöser linearer und flächiger Erosion in unterschiedlichsten Ausmaßen (mäßiger Sedimentabtrag aber auch Hangrutschungen, Muren oder Bergstürze), zugleich Transportmedium für das gelöste Sediment und verantwortlich für die mit der Erosion andernorts einhergehende Akkumulation.

Auf diese Art werden – in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren und der einer Landschaft zugrunde liegenden Lithologie – von Flüssen ganze Talandschaften in die Lithosphäre eingeschnitten. Durch wiederholtes Ändern

des Regimes zwischen erodierender und akkumulierender Wirkung entstehen Terrassenlandschaften, Talauen, Schwemmfächer und Deltas. Somit ist die Hydrosphäre wesentlich bei der Ausformung des Reliefs einer Landschaft beteiligt.

Darüber hinaus beeinflusst die Hydrosphäre – gemeinsam mit dem Klima – auch wesentlich die Biosphäre und damit einhergehend das Aussehen der Landschaft. Als Vermittler von Nährstoffen zwischen Boden und Wurzeln sind die Pflanzen auf Wasser angewiesen, welches sich in einem Horizont über dem Grundwasser als Haftwasser in den Poren des Bodensediments befindet.

Auch die Flüsse spielen eine wesentliche Rolle für die Tier- und Pflanzenwelt. Dies zeigt sich wohl nirgendwo so deutlich wie in Ägypten (vgl. BROWN 1997, 5 ff.; WILKINSON, STEVENS 2003, 66): Obwohl ein Großteil des Landes von Wüste bedeckt ist, konnte sich aufgrund eines einzigen Flusses und seiner jährlichen Fruchtbarkeit bringenden Überschwemmungen eine der frühesten Hochkulturen der Welt in dieser ariden Region entwickeln, die noch nach Jahrtausenden als Kornkammer für das römische Imperium diente.

Zu guter Letzt ist der Wasserbezug auch für den Menschen ein sehr wichtiger – wenn auch nicht ausschließlicher

– Faktor bei der Standortwahl. Flüsse waren anscheinend der Ausgangspunkt der neolithischen, ackerbaulichen Besiedlung in Mitteleuropa (KÜSTER 1996, 73) und waren, wie noch weiter unten zu zeigen sein wird, zu allen Zeiten vor allem in Bezug auf die Versorgung mit Nutzwasser wichtig.

Wasser ist der Ursprung alles Lebens auf der Erde. Wasser ist für den Menschen lebensnotwendig. Diese Aussage – so banal sie auch sein mag – lässt uns die Abhängigkeit nahezu jeder menschlichen Aktivität von der Ressource Wasser erkennen. Je nach Kontext kann Wasser eine ökonomische Funktion haben oder rituelle und politische Bedeutung besitzen (vgl. auch STRANG 2008).

Wasser wird als Nutzwasser (Viehtränke, Bewässerung, Waschwasser, Wasserkraft) und als Trinkwasser benötigt. Besonders Letzteres sollte einen gewissen Grad an Sauberkeit haben, damit es dem Menschen gesundheitlich zuträglich ist. Was die Verwendung von Wasser selbst betrifft, so dürfte für Standorte in der Nähe von Gewässern vor allem das Nutzwasser von Bedeutung sein. Jürgen Weiner macht auf eine Vielzahl von Verunreinigungen in Bächen und Flüssen aufmerksam, die von natürlichem Schlamm über Tierkadaver bis zu anthropogener Entsorgung von Müll und Fäkalien reicht (WEINER 1998, 210). Deshalb wird man für das Trinkwasser soweit wie möglich auf das Grundwasser zurückgegriffen haben, indem man in der Nähe von Quellen siedelte oder Brunnen schlug. In trockeneren Gebieten kann man auch die Niederschläge in Zisternen sammeln. Weiner stellt die Hypothese auf, dass man in der Nähe von Flüssen aus den Gewässern selbst das Nutzwasser bezog, während man in den vor Hochwasser geschützten Bereichen der Talaue einfache Brunnen anlegte. Im Hinterland wären vor allem Brunnen für die Versorgung mit Trink- und Nutzwasser ausreichend gewesen (WEINER 1998, 212). Dass diese Hypothese durchaus Bestand haben könnte, zeigen zahlreiche Funde neolithischer Brunnen aus Mitteleuropa, die wie im Falle des linearbandkeramischen Schachtbrunnens von Erkelenz-Kückhofen bis zu 13 Meter tief sein können (KOSCHIK 1998).

Über die reine Nutzung des Wassers selbst hinaus dienen Wasserflächen auch als wichtige Verbindungslinien für Kommunikation, Transport und Verkehr. Eine äußerst effektive Art der Raumüberwindung mit Lasten stellt nämlich die Schifffahrt dar. Aus römischer Zeit wird das Verhältnis der Kosten von See- zu Fluss- zu Straßentransport mit 1: 6: 70 überliefert (ECKOLDT 1998, 10). Es war dabei ohne Weiteres möglich, auch sehr kleine Flüsse zu befahren, wobei Eckoldt die Mindestwassertiefe mit etwa 50 cm und die geringste Wasserführung mit etwa 1,5 bis 3 m³/s annimmt. Für die südwestdeutschen Höhensiedlungen der Eisenzeit wird ein „weitmaschiges Verkehrsnetz“ angenommen, „welches

aus schiffbaren Flussstrecken und überwiegend kurzen Landwegen bestand“ (ECKOLDT 1998, 11). Dennoch bleibt in der materiell orientierten archäologischen Forschung die Bedeutung der Flussschifffahrt quellenbedingt unterrepräsentiert.

Für den Straßentransport stellen Flüsse ein Hindernis dar. Eine Überquerung war in den Zeiten, in welchen das entsprechende technische Wissen nicht vorhanden war, nur an Furten möglich. An diesen Schnittstellen zwischen Handelsweg und Wasser entstanden oft dauerhafte Siedlungen (BROWN 1997, 287).

Allgemein findet man in der Nähe stehender oder fließender Gewässer erhöhte Biodiversität. In Wassernähe gibt es viele unterschiedliche Bereiche und Zonen mit jeweils eigener Fauna und Flora. Damit einhergehend bieten diese Gebiete ein großes Spektrum an Ressourcen wie Baumaterial (wie z. B. Schilf, Weiden oder Lehm), Nahrungsressourcen (Fische, Muscheln, Vögel, Wild, Früchte), medizinisch nutzbare Pflanzen, oder Weideland an (BROWN 1997, 282).

Die Bedeutung von Gewässern geht aber über den rein ökonomischen Wert hinaus. Wasser hat in den meisten Religionen der Welt eine wichtige rituelle Bedeutung, die in vielen Fällen mit Reinigung zu tun hat (z. B. christliche Taufe, jüdisches Ritualbad, islamische Waschung oder hinduistisches Bad im Ganges). Dies zeigen auch die zahlreichen offensichtlich deponierten Gegenstände in Gewässern (WEGNER 1995). In vielen Kulturen gibt es heilige Flüsse. Flüsse trennen auch die Welt der Lebenden und der Toten, wie zum Beispiel der Styx in der griechischen Mythologie.

Zuletzt sei noch auf die Funktion von Wasser als politischer Machtfaktor hingewiesen. Zumindest in den ariden Regionen können exzessive Wasserentnahme, die Errichtung von Staudämmen oder Umleitungen von Flüssen für die weiter unten am Fluss ansässigen Menschen zum ernsthaften Problem werden. Dies zeigt sich in jüngster Zeit zum Beispiel anhand des Atatürk-Staudammes im Oberlauf des Euphrat oder den politischen Spannungen zwischen Israel, Libanon, Syrien und Jordanien um die Wasseraufteilung des Jordan. Aber auch in kleinerem Rahmen kann und konnte es zu Konflikten kommen, wenn etwa zwei sich an einem Fluss gegenüberliegende Gemeinden versuchten, „sich in Höhe und Stabilität ihrer Dämme gegenseitig zu überbieten, denn das Hochwasser sollte sich auf das jeweils andere Gebiet ergießen“ (WIESBAUER 2004, 9).

Die Nähe zum Gewässer bringt auch die Gefahr von Krankheiten (Cholera, Malaria) und Überschwemmungen mit sich. Damit sind nicht die jährlich wiederkehrenden Hochwässer gemeint, die prinzipiell vorhersagbar sind und auf die sich der Mensch einstellen kann. Die Gefahr droht vielmehr von den selteneren katastrophalen Überschwem-

mungen, die nicht oder nur sehr kurzfristig absehbar sind und die vor allem an den wassernahen Standorten verheerende Schäden anrichten können.

6.3.3.1 Wandel und Maßstab

Die Hydrosphäre unterliegt wie alle anderen Sphären der Landschaft einem ständigen Wandel. Dieser vollzieht sich in räumlich und zeitlich unterschiedlichen Maßstäben, wobei sich vor allem Klima, Vegetation und anthropogene Eingriffe auf die Abflussmenge und somit auf Lage und Form eines Flusses und seiner Talaue auswirken.

Da sind zunächst die im Laufe eines Jahres stattfindenden jahreszeitlichen Schwankungen von Hoch- und Niedrigwasser, die meist mit der Verweildauer der als Schnee gebundenen Niederschläge, der Schneeschmelze und den Trockenzeiten einhergehen. Größere Überschwemmungen treten entsprechend seltener auf und sind im Gegensatz zu den jährlichen Hochwässern nicht oder nur kurzfristig vorhersagbar. Durch diese regelmäßigen und selteneren katastrophalen Überschwemmungen kommt es entlang eines Flusslaufes – wie bereits oben beschrieben (S. 64) – in Abhängigkeit von zahlreichen Faktoren zu Veränderungen der Form einzelner oder einer Reihe von Mäandern, zu einer Abschnürung von Mäandern oder zur Verlagerung eines gesamten Flussabschnittes. Dies bezeugen zahlreiche Strukturen teilweise zerstörter Fundstellen, etwa der römischen Villa von Oberndorf (UNRUH 1992, 77), des Legionslagers von Carnuntum (GUGL, KASTLER 2007, 410 ff., bes. 414, Abb. 159) oder des Limeskastells von Zwentendorf (Abb. 12). Zudem zeigen sich durch diese Ereignisse Veränderungen an der Talaue. Diese Änderungen vollziehen sich im Laufe von Jahrzehnten und Jahrhunderten. Im zeitlich langfristigen Maßstab ändern sich vor allem im Zuge von Klimawandel Fließgeschwindigkeit, Abfluss, transportierte Flussfracht sowie Lage und Form der Flüsse (WILKINSON, STEVENS 2003, 67). Wie stark sich eine Talaue bereits während des Neolithikums änderte, konnten Godłowska et al. im Tal der Vistula in Polen anhand von Pollenprofilen nachzeichnen (GODŁOWSKA et al. 1987).

Auf kontinentaler Ebene und in extrem langen Zeiträumen wirken sich Tiefenerosion und Akkumulation eines Flusses als zeitlich sehr langfristige Prozesse aus, die unter anderem für die Schaffung der Flussterrassen verantwortlich sind, und mit der Höhe des Meeresspiegels und klimatischen Schwankungen einhergehen (AHNERT 1996, 237).

Neben dem natürlichen Wandel der Flusslandschaft hatte auch der Mensch einen nicht unbeträchtlichen Anteil am heutigen Aussehen von Flüssen und Talaue. Die mit dem Neolithikum beginnende großflächige Rodung der nach den Eiszeiten entstandenen dichten Wälder, der anschlie-

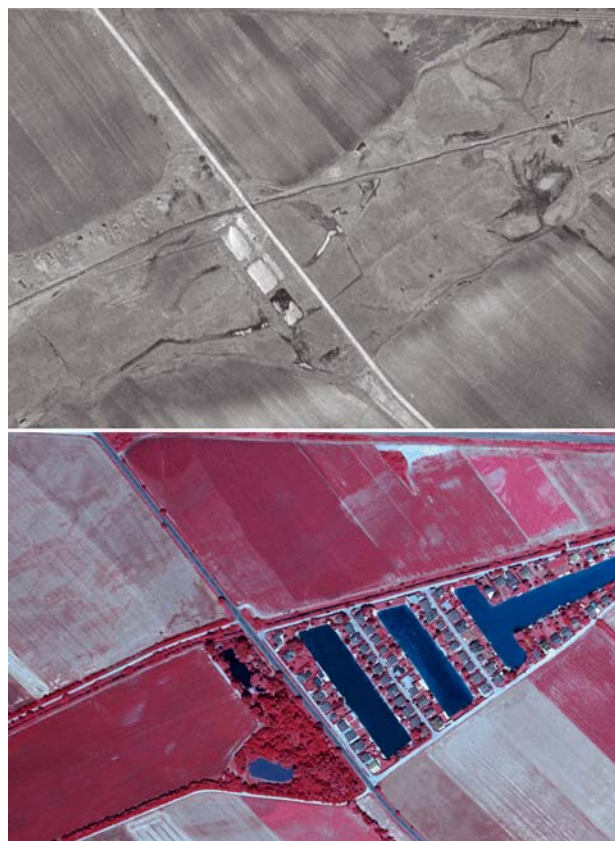


Abb. 13: Ausschnitt des Bereichs der Talaue des Reisenbaches bei Götzendorf, NÖ aus den Jahren 1965 (oben) und 2003 (unten) (© bmlvs/luauflksta).

ßende bisweilen großflächige Ackerbau und die dadurch in Gang gebrachte Bodenerosion wird als hauptverantwortlich für die Entstehung unserer heutigen Talauen mit den zum Teil meterhohen Auenlehmdecken gesehen (KÜSTER 1996, 93 ff.). Dies geschah seit der frühesten Linearbandkeramik, allerdings nicht in einem kontinuierlichen Ausmaß, sondern je nach Bevölkerungsstruktur und Klima phasenweise, vor allem seit dem Mittelalter (RULF 1994, 396). Damit einhergehend war auch in vielen Fällen ein sich verändernder Grundwasserspiegel (BORK et al. 1998, 23). Renate Gerlach vermutet, dass die Flüsse während der römischen Kaiserzeit aufgrund der stark angestiegenen Schwebfracht (extensiver Ackerbau) und der geringeren Wasserführung (trockenes Klima) einen stärker verzweigten Verlauf haben mussten (GERLACH 1995, 100).

Die vor allem seit dem 19. Jahrhundert bewusste Regulierung und Gestaltung der Flusssysteme (Begradigung, Ausbaggerung, Eindämmung, Drainage etc.) hat die Landschaft in diesen Bereichen nachhaltig verändert. Es erscheint schwierig, sich ausgehend von unseren heutigen, vermeintlich „gezähmten“ Gewässern ein Bild über die Dynamik und Vielfalt der vergangenen Flusslandschaften unse-

res Raumes zu machen. Lediglich ein Blick auf alte Karten lässt uns die dramatischen Veränderungen, welche die letzten Jahrhunderte mit sich brachten, erahnen (Abb. 13 – vgl. auch STRÖMMER 2003, S. 21, Abb. 6).

6.4 Biosphäre

6.4.1 Grundsätzliches

Die Biosphäre ist „der von Organismen bewohnbare Raum der Erde, der die Gesamtheit der Ökosysteme umfasst“ (GLAWION 2007a, 404). Soweit uns heute bekannt ist, erstreckt sie sich auf die Erdoberfläche, den obersten Bereich der Lithosphäre, die Hydrosphäre und den unteren Bereich der Atmosphäre. An Organismen beinhaltet sie neben Pflanzen und Tieren auch Prokaryoten (v. a. Bakterien), Protisten (Algen, Schleimpilze und Protozoen) sowie Pilze, wobei die Taxonomie, was letztere drei Klassen betrifft, unter Mikrobiologen debattiert wird (DINCAUZE 2000, 329). Im Folgenden sollen vor allem Flora und Fauna besprochen werden.

Weltweit gibt es schätzungsweise 1,7 Millionen Arten, davon machen Tiere etwa drei Viertel aus (GLAWION 2007a, 405). Diese stellen zum Leben und Gedeihen Bedingungen an die Umwelt, die in bestimmten Arealen gegeben sind. Jede Organismen-Art hat daher eine theoretische „potenzielle Arealgröße“, die in der Praxis jedoch oft nicht zur Gänze besiedelt wird. Meist liegt dies an Barrieren, wie Gebirgen, Meeren oder Klimazonen (SCHMITT, SCHMITT 2007a, 406), die verhindern, dass sich eine Art auf natürlichem Weg zum Beispiel vom südlichen Afrika nach Europa ausdehnen kann.

Global betrachtet ist der eurasische Raum das mit Abstand größte Gebiet, in dem es aufgrund seiner Ost-West-Ausrichtung für viele Arten kaum Ausbreitungshindernisse gab. Dies hatte nach Jared Diamond zur Folge, dass der in diesem Raum siedelnde Mensch im Laufe der Jahrtausende einer viel größeren Bandbreite an Kulturpflanzen und domestizierbaren Tieren aber auch potenziell schädlichen Organismen und Viren ausgesetzt war (DIAMOND 2004, 28 ff.). Deshalb hatte er einen immunologischen Vorteil gegenüber anderen Gruppen – etwa in Amerika oder Australien (Diamonds geografisch-deterministische Ansätze bleiben jedoch nicht unwidersprochen – siehe z. B. McANANY, YOFFEE 2010a).

Durch bewusste oder unbewusste „Hilfe“ des Menschen konnten sich jedoch zahlreiche Arten im Laufe der Zeit auch jenseits der Ausbreitungsbarrieren heimisch werden. Erstmals dürfte dies im Neolithikum geschehen sein, als im Zuge des Ackerbaus einige Pflanzen und Tiere aus Vorderasien nach Europa kamen. Man spricht bei diesen

Arten von Archäophyten bzw. Archäozoen. Ein regelrechter „Boom“ an von Menschen eingebürgerten Tieren und Pflanzen setzte seit der Entdeckung Amerikas ein. Diese nach dem Jahr 1492 neu bei uns siedelnden Arten werden als Neophyten / Neozoen angesprochen. In unserem Raum beläuft sich die Zahl der Archäo- und Neophyten auf etwa 12.000 (davon ca. 400 etabliert), die der Archäo- und Neozoen auf etwas über 1.100 (davon 260 etabliert) (SCHMITT, SCHMITT 2007a, 411 f.).

Auch wenn es bei kleinmaßstäblicher Betrachtung so aussieht, als ob einzelne Arten ein Areal zur Gänze ausfüllen, so erkennt man bei größerem Maßstab, dass es innerhalb des Gebietes zahlreiche kleinere, ungenutzte oder kaum „besiedelte“ Gebiete gibt. Aufgrund unterschiedlicher Faktoren stellen diese ungünstige Standorte für den Organismus dar (SCHMITT, SCHMITT 2007a, 406). Dabei dürfen die einzelnen Arten nicht isoliert betrachtet werden. Vielmehr sind sie Teil von Ökosystemen, in denen sie mit anderen Lebewesen (Biozönose) und ihrer Umwelt (Biotop) in Wechselwirkung (GLAWION 2007b, 415). Dies ist vor allem wichtig bei der archäologischen Interpretation paläobotanischer oder paläozoologischer Untersuchungen (DINCAUZE 2000, 360).

Die physikalischen und chemischen Voraussetzungen an einem Aufenthaltsort, wie Licht, Wärme, Wasser, Nährstoffe, mechanische und biotische Einflüsse, werden als „primäre Standortfaktoren“ bezeichnet. Diese sind von den „sekundären Standortfaktoren“ – Klima, Relief, Boden, Biozönose – abhängig (GLAWION 2007b).

6.4.2 Wandel der Biosphäre

Die Biosphäre und hier vor allem das Pflanzenreich unterliegen wie alle anderen Sphären einer ständigen Veränderung, welche durch die sekundären Standortfaktoren gelenkt wird. Dieser Wandel vollzieht sich in räumlich und zeitlich unterschiedlichen Maßstäben. Generell kann man zyklische und lineare Veränderungen unterscheiden (FRIEDMANN, SCHÄBITZ 2007, 433).

Auf der ganzen Welt gibt es aufgrund der Jahreszeiten mehr oder weniger ausgeprägte, kurzfristige, zyklische Veränderungen im Pflanzen- und Tierreich. Die Auswirkungen sind dabei in erster Linie vom Klima abhängig, an das sich die Biosphäre angepasst hat. Der in unserem Raum stattfindende Wechsel zwischen Wachstums- und Ruhephasen ist sehr präzise vorhersagbar, vorausgesetzt man kennt das Konzept eines Kalenders.

Extreme Hochwasser, Vulkanausbrüche, Orkane und ähnliche katastrophale Ereignisse lösen in der Biosphäre auch längerfristige Zyklen des Wandels und der Regeneration aus. Damit einhergehend ist eine Entwicklung der Vege-

tation, die in Form einer Sukzession (Pionierstadium, Folgegesellschaften, Endstadium, das sich im Gleichgewicht mit der Umwelt befindet) abläuft (FRIEDMANN, SCHÄBITZ 2007, 433). Deren Einsetzen und Dauer sind in vielen Fällen absehbar, aber nicht oder kaum vorhersagbar. Ähnliche Entwicklungen ergeben sich aus langfristigen Änderungen der sekundären Standortfaktoren (v. a. Klimawandel), die je nach Art des Faktors oder Grad der Änderung lokal, kontinental oder global stattfinden können.

Zu guter Letzt sei noch auf die Evolution verwiesen, durch die sich sämtliche Arten der Biosphäre im langfristigen Zeitraum unaufhaltsam weiterentwickeln. Inwieweit diese Veränderungen als „natürlich“ anzusehen sind, ist Ansichtssache. Es handelt sich in vielen Fällen wohl eher um eine Co-Evolution, da auch der Wandel der sekundären Standortfaktoren zum Teil vom Menschen ausgelöst wurde. Zudem hat vor allem der Mensch die Tier- und Pflanzenwelt direkt oder indirekt geprägt und ist dazu übergegangen, durch gezielte Züchtung und Gentechnik direkt auf die Evolution einzuwirken.

6.4.3 Biosphäre, Landschaft und Mensch

Die Biosphäre ist in direkter Weise von den anderen Sphären abhängig und steht in Wechselwirkung mit diesen. Das Klima ist der wichtigste Faktor, welcher die potenzielle Arealgröße begrenzt und in vielen Fällen Ausbreitungsbarrieren schafft. Böden, Relief und Hydrosphäre haben Einfluss auf die regionale Verteilung von Pflanzenarten, indem sie die primären Standortfaktoren beeinflussen oder Grenzen für die Ausbreitung darstellen. Im Gegenzug hat die Vegetation großen Einfluss auf ein Lokalklima, schützt die Böden, stabilisiert das Relief und ermöglicht eine höhere Verweildauer des Wassers am Boden.

Die Biosphäre und hier vor allem die Vegetation prägt neben dem Relief in direkter Weise das Aussehen einer Landschaft. Im Sinne der in den letzten Kapiteln bereits wiederholt bemühten Metapher zwischen Erde und Körper, bei welcher die Lithosphäre als Skelett und die Hydrosphäre als Adern dargestellt werden, kommt der Biosphäre die Funktion des „Pflanzenkleids“ zu. Mit ihrem stetigen zyklischen und linearen Wandel ändert sich auch das Erscheinungsbild einer Landschaft mitunter drastisch. Deshalb ist das Wissen um die Vegetation für die Rekonstruktion einer Landschaft wichtig.

Für den Menschen bietet die Biosphäre eine wesentliche Lebensgrundlage und beeinflusst als solche sein Verhalten (DINCAUZE 2000, 391). Sie bietet zahlreiche *Möglichkeiten und Ressourcen* an, aus der Biosphäre drohen dem Menschen aber auch *Einschränkungen und Gefahren*, in Form von Gift (aus Pflanzen oder Tieren), Krankheiten (welche durch Tiere übertragen werden), Parasiten, Raubtieren oder Ungeziefer.

Der Mensch ist der Biosphäre aber nicht passiv ausgesetzt, sondern er nutzt sie aktiv und verändert sie zu seinen Gunsten. Als wohl wichtigste Funktion dient die Biosphäre dem Menschen als *Nahrung*. Der Mensch ist von Natur aus für den Verzehr von pflanzlicher und tierischer Nahrung ausgerüstet. Die tatsächliche Kost, welche Individuen und Gruppen zu sich nehmen, wird einerseits durch die Umwelt des Habitats vorgegeben, andererseits durch gezielte Kultivierung und Domestikation erweitert und durch Tradition, Religion und Kultur eingeschränkt (DINCAUZE 2000, 397).

Prinzipiell lässt sich die Kost einer prähistorischen Gruppe induktiv oder deduktiv annäherungsweise ermitteln (NEUSTUPNÝ, DVOŘÁK 1983, 254). Beide Möglichkeiten gehen von zahlreichen Annahmen aus und sind von Schwierigkeiten und Unsicherheitsfaktoren begleitet. Der induktive Weg nimmt den archäologischen Befund als Ausgangspunkt: Alle bekannten Informationen aus den unterschiedlichsten Datenquellen müssen gesammelt und zu einem stimmigen Bild verwoben werden. Dabei gibt es zahlreiche „Stolpersteine“, welche bereits bei der alles andere als einfache Interpretation botanischer und zoologischer Reste aus Grabungen beginnt. Art der Grabung, Fragestellung und Strategie der Beprobung, Topografie, Einzugsgebiet, Erhaltungsbedingungen, Methode der Analyse, um nur einige der wichtigeren Faktoren zu nennen, müssen bei der Bewertung beachtet werden (DINCAUZE 2000, 357 ff.; WILKINSON, STEVENS 2003, 93; JACOMET, KREUZ 1999, 177 ff.). Auch muss die Häufigkeit des Vorkommens bestimmter Pflanzen oder Tiere nichts mit deren Funktion als Nahrung zu tun haben. Was aus dem vorhandenen Nahrungspotenzial tatsächlich wann und in welcher Menge verzehrt wurde, wird auch von Tradition, Religion und kultureller Einstellung geprägt (DINCAUZE 2000, 398).

Evžen Neustupný und Zdeněk Dvořák betrachten die Modellierung der Ernährung mithilfe eines deduktiven Modells (NEUSTUPNÝ, DVOŘÁK 1983). Ausgehend vom Kalorienbedarf erstellten sie ein Modell der benötigten Mengen an essenziellen Nahrungskomponenten. Diese wurden in der Folge auf die bekannten Nutzpflanzen und -Tiere bei einer angenommenen Gemeinschaftsgröße umgerechnet. Auch hier sind eine Menge von Unwägbarkeiten und Unsicherheiten vorhanden. So variiert der Nährstoffbedarf je nach Geschlecht, Alter, Gesundheitszustand etc. innerhalb einer Gruppe. Ob die einzelnen Individuen jedoch Zugang zu den gemäß ihres Bedarfs auch tatsächlich benötigten Nahrungsmengen bekamen, kann nicht von vorneherein angenommen werden (DINCAUZE 2000, 478).

Für die Ernährung spielte natürlich auch die Jagd eine wesentliche Rolle. Dena Dincauze macht jedoch darauf aufmerksam, dass die Jagd auf Großsäuger nicht immer mit notwendiger Nahrungsbeschaffung zu tun haben muss-

te (DINCAUZE 2000, 470). Oft können auch Männlichkeit, Status oder das Beschützen der Herden vor Fleischfressern eine Rolle gespielt haben.

Ein weiterer extrem wichtiger Nutzen der Biosphäre für den Menschen war die Gewinnung von *Energie*. In der vorindustriellen Zeit wurde – abgesehen von Mühlen, welche mit Wasser- oder Windkraft betrieben wurden – praktisch der gesamte Energiebedarf aus Biomasse – und zwar fast ausschließlich aus Holz – gewonnen. Brennholz wurde zur Erzeugung von Licht und Wärme, bei der Verarbeitung der Nahrung und seit dem Neolithikum zur Herstellung von Tonware benötigt. In den Metallzeiten steigerte sich der Bedarf an Energie durch den Erzabbau und die Erzverarbeitung. Ein regelrechter „Holzvernichter“ war die Glasindustrie seit dem Mittelalter aufgrund der für die Glasschmelze benötigten hohen Temperatur (DIRLMEIER et al. 2003, 10). Diese konnte zwar durch Pottasche gesenkt werden, aber deren Herstellung war ebenfalls mit einem hohen Holzverbrauch verbunden (KÜSTER 1998, 155 ff.).

Bei der Verwendung pflanzlicher Biomasse ergaben sich zwei Probleme. Erstens war die Verwendung von Holz in der prähistorischen Zeit durch dessen aufwendigen Transport (wenn man von der Beförderung im Wasser absieht) räumlich stark eingegrenzt. Außerdem konnte es in Zeiten erhöhten Energiebedarfs durch die langsame Regeneration der Ressource Holz zu Energieknappheit kommen, der man durch technische Innovation, Verlagerung der Siedlungsaktivität, oder Verminderung der Bevölkerungszahl entgegen musste (SCHENK 2001, 626 f.).

Die Energie domestizierter Tiere wurde als *Arbeitskraft* in der Landwirtschaft oder beim Transport von Menschen und Gütern genutzt. Darüber hinaus dienten etwa Hunde als Beschützer, Wächter oder bei der Jagd. Zudem spielte der Besitz etwa von Rindern eine wichtige soziale Rolle, indem er den Besitzern Prestige gab (EDMONDS 1999, 27; BRATHER 2006, 73). Die Biosphäre liefert wichtige *Robstoffe* für Baumaterial (Holz, Schilf), Werkzeuge, Schmuck oder Kleidung und beeinflusste damit nicht unwesentlich das Gepräge der Architektur einer Region. Zuletzt sei auch auf die Funktion von Pflanzen als *Heilmittel* oder *Droge* hingewiesen.

6.4.4 Anthropogen beeinflusster Wandel

Im Zuge der Nutzung ihrer Ressourcen aber auch der Vermeidung ihrer Gefahren verändert der Mensch – gewollt und ungewollt – die Biosphäre. Sein Einfluß ist mittlerweile so gravierend, dass Paul J. Crutzen den Begriff „Anthropozän“ für das Zeitalter, welches Ende des 18. Jahrhunderts begann, prägte (CRUTZEN 2002; siehe auch: EHLERS 2008). Rolf Peter Sieferle unterscheidet im Zuge der menschlichen

Nutzung Naturlandschaft, Agri-Kulturlandschaft und die „totale Landschaft“ der Industriegesellschaft als drei aufeinanderfolgende Phasen (SIEFERLE 1997b). Es gibt heute in Mitteleuropa kein Gebiet und keine Spezies mehr, die nicht in irgendeiner Form von der menschlichen Einwirkung betroffen und verändert wurden (DINCAUZE 2000, 411). Vor allem seit dem Mittelalter kam es zu einer „vollständigen und nachhaltigen Veränderung“ der Fauna und Flora praktisch jedes natürlichen oder naturnahen Fleckchens bei uns (FRIEDMANN, SCHÄBITZ 2007, 433). Selbst vermeintliche „Urwälder“ zeigen bei näherer Betrachtung oft Anzeichen zurückliegender anthropogener Nutzung (ELLENBERG 1986, 34). Auch wenn sich anthropogen bedingte Veränderungen der Biosphäre nicht immer vom natürlichen – etwa klimabedingten – Wandel unterscheiden lassen (siehe dazu zum Beispiel die Diskussion zum Ulmensterben – vgl. S. 50), so müssen wir davon ausgehen, dass der Einfluss des Menschen bereits in prähistorischer Zeit deutlich spürbar gewesen sein muss.

Einen umfassenden Überblick zur Entwicklung der Biosphäre in unserem Raum gibt Hansjörg Küster. Er betont immer wieder den Einfluss menschlicher Verhaltensweisen auf die Umwelt (KÜSTER 1996). Während der Einfluss von Jägern und Sammlern auf die Biosphäre für gewöhnlich als gering eingestuft wird, macht Helmut Haberl auf den bereits frühen Einsatz von Feuer und eine eventuelle Beteiligung beim Aussterben von Großsäugern aufmerksam (HABERL 1999, 42).

Die wohl wichtigste, direkteste und nachhaltigste Veränderung der Biosphäre durch den Menschen war die Kultivierung von Pflanzen und die Domestikation von Tieren spätestens mit dem Beginn des Neolithikums, die an mehreren Plätzen der Erde unabhängig voneinander vonstattenging (DINCAUZE 2000, 393; BARKER 2006). Dabei kam es zu direkten als auch indirekten Eingriffen des Menschen in die Biosphäre: „... denn von nun an unterschied er zwischen „nützlichen Pflanzen“, die es zu bewahren und „Unkraut“, das es auszurotten galt. Tiere wurden gleichermaßen in „nützliche“ und „unnütze“ Arten eingeteilt. Besonders Raubtiere und Raubvögel wurden nun oft bis zur Ausrottung verfolgt“ (BARGATZKY 1986, 57). Ergebnis war eine Agri-Kulturlandschaft, in der „neue Typen von Ökosystemen“, wie Felder, Hutweiden oder später auch Stand- oder Mähweiden entstanden (HABERL 1999, 43).

Zu der direkten Einwirkung zählen der Import neuer Pflanzen- und Tierarten und deren physiognomische Veränderung durch gezielte Selektion und Kreuzung. Während die Vielfalt an domestizierten Pflanzen und der mit ihnen als Nebenprodukte eingeführten Unkräuter mit der Zeit reicher wurde, verarmte in diesen Bereichen die Diversität der

natürlichen Vegetation (DINCAUZE 2000, 395): Die an diesen Standorten im Vergleich zu den früheren Wäldern verringerte Nettoprimärproduktion (Biomasse, welche jährlich neu gebildet wird) kann zwar vom Menschen vermehrt genutzt werden, wirkt sich aber negativ auf die wild lebende Fauna sowie auf Pilze und Mikroorganismen aus (HABERL 1999, 44). Weiters musste für den Anbau von Nutzpflanzen die ursprüngliche Vegetation (meist Wald) entfernt und die natürliche Entwicklung in diesen Bereichen durch diverse Eingriffe in Nährstoff- und Wasserhaushalt unterbunden werden (KÜSTER 2001, 20).

Durch Ackerbau und Viehzucht kam es aber auch zu einer indirekten Veränderung der Biosphäre. Diese ergab sich aus den durch den Menschen herbeigeführten veränderten Standortbedingungen ausgelöst durch Rodung und Reduktion der Biomasse. H.-R. Bork et al. formulierten dazu mehrere Regeln und Thesen zur klimatischen Veränderung aufgrund veränderter Vegetationsverhältnisse (BORK et al. 1998). Danach führt aufgrund der ausgleichenden Wirkung von Vegetation auf das Klima eine „drastische Reduzierung der Biomasse“ zur Ausbildung stärkerer „Intensität und Dauer von Klimaextremen“, und zwar regional als auch subkontinental (BORK et al. 1998, 22 f.). Zudem wird der Oberflächenabfluss „entscheidend beeinflusst“ (BORK et al. 1998, 23). Extensive Landwirtschaft führe daher zu Bodenerosion, Bodenverschlechterung, Änderung des Lokalklimas sowie zum Ansteigen des Grundwasserspiegels (sofern nicht künstlich bewässert wird) (BORK et al. 1998, 23; DINCAUZE 2000, 391).

Im Zuge der Industrialisierung unserer Gesellschaft und der Landwirtschaft haben sich Landschaft und Biosphäre besonders stark verändert. Helmut Haberl bringt dies zum Ausdruck, indem er die historisch gewachsene Agri-Kulturlandschaft für die moderne, industrielle Landwirtschaft als „lästig“ charakterisiert. Die Landschaft sei somit selbst in der Landwirtschaft zum Störfaktor geworden: Die gewachsenen, kleinflächigen Strukturen und die damit einhergehende Mikrotopografie werden kommassiert, eingeebnet und bereinigt, um der modernen Landwirtschaft mit ihren großen und schweren Maschinen möglichst wenig Hindernisse zu bieten (HABERL 1999, 48).

Besonders der Wald, als wichtiger Teil der Kulturlandschaft (NÜSSER et al. 2005, 384), erlebte durch den Menschen eine äußerst wechselhafte Geschichte. Aufgrund seines breiten Nutzens als Lieferant für Energie, Baumaterial und Winterfutter sowie seiner Nutzung als Viehweide wurde er stark dezimiert, im Bestand verändert und regional fast zur Gänze vernichtet. Heinz Ellenberg führt zum Beispiel die verändernden Auswirkungen der Waldweide deutlich vor Augen (ELLENBERG 1986, 40 ff.): Durch die in Mitteleuropa noch bis vor 200 Jahren weitverbreitete Art der Be-

weidung der domestizierten Viehbestände (Rind, Schwein, Schaf, Pferd) kam es zunächst zu einer Auslese an Bäumen: Baumkeimlinge und Jungbäume wurden von den Tieren bevorzugt gefressen – vor allem jene von Eichen und Buchen (vgl. auch NÜSSER et al. 2005, 389). Außerdem wurde ein „wesentlicher Teil des Winterfutters“ durch die Praxis des „Schneitels“ (Abschneiden von Zweigen mit Blättern im Frühsommer) beigebracht. Dies führte zu einer Verringerung der Bestände an Futterlaubebäumen und in der Folge zu einer Auflichtung der Wälder. Da in den lichten Partien nährstoffreichere Gräser und Kräuter wachsen und bessere Bedingungen für eine Beweidung vorliegen, wurde diese Auflichtung oft durch den Menschen unterstützt: Es entstand die Hut- oder Triftweide. Auf diesen kommt es im Lauf der Zeit zu einer Ausbreitung von Weideunkräutern (Wacholder, Schlehe, Disteln ...) und durch Viehtritt zu einer Verschlechterung des Bodens.

Mit dem wachsenden Energieverbrauch einhergehend wurden die Wälder im Lauf der Zeit immer mehr gelichtet und völlig abgeholzt. In Phasen des Bevölkerungsrückganges (zum Beispiel während der Völkerwanderung und des Frühmittelalters) konnten sich die Wälder regenerieren um dann im Hochmittelalter wieder großflächig dem rasch ansteigenden Energieverbrauch zum Opfer zu fallen. Spätestens seit dem 13. Jahrhundert kam es zur Bewirtschaftung des Waldes als Niederwald (der alle 8 bis 40 Jahre zur Brennholzgewinnung geschlagen wird) und Mittelwald (indem einzelne Bäume stehen gelassen wurden, um als Bauholz zu dienen), dessen Nutzung zum Teil streng geregelt war (ELLENBERG 1986, 49 ff.; NÜSSER et al. 2005, 387 f.; KÜSTER 1998, 113 f.). Rodungs- und Überweidungsverbote wurden in zahlreichen Regionen erlassen. Seit 1368 ist die Methode der künstlichen Bepflanzung mit Nadelhölzern für Nürnberg und der Export von Samen unterschiedlicher Nadelhölzer belegt (DIRLMEIER et al. 2003, 10). Manche Landstriche waren daher seit dem Neolithikum mehrfach be- und entwaldet.

Ein weiterer Grund, weshalb die Wälder in unserem Raum nicht völlig vernichtet wurden, war die Jagd (NÜSSER et al. 2005, 389). Diese hatte wiederum Auswirkungen auf die Zusammensetzung von Biotopen und die Ausrottung von Großsäugern. Bis heute ist die Diskussion um eine eventuelle anthropogene Ursache für das Aussterben der Großsäuger in Nordamerika nicht entschieden (DINCAUZE 2000, 470 f.). Man schätzt, dass aufgrund der modernen menschlichen Aneignung großer ehemals natürlich belassener Territorien, Verschmutzung, unmäßiger Jagd und Fischfang etc. etwa 100 Tier- und Pflanzenarten pro Tag vernichtet werden (GLAWION 2007a, 405). Durch die sesshafte Lebensweise passten sich aber auch zahlreiche Tier-

arten, wie Nager oder Ungeziefer an den Menschen an und „teilen“ sich seither ungewollter Weise Lebensraum und Nahrungsmittel mit dem Menschen (DINCAUZE 2000, 475).

In Summe zeigt sich also ein breites Spektrum an gewollten oder ungewollten Veränderungen des Menschen an der Biosphäre. Hans-Rudolf Bork et al. sprechen von einer sich wiederholenden „Mensch-Umwelt-Spirale“, eine ursprünglich durch gewollte oder ungewollte Veränderungen in Rollen gebrachte „Wirkungskette“, welche ab einem bestimmten Schwellenwert eine „Eigendynamik“ entwickelt (BORK et al. 1998, 31). Der ganze Prozess laufe in fünf Phasen ab, wonach ein dynamisches Gleichgewicht (Phase 1) durch ein Wechselspiel zwischen vermehrter Nutzung durch Landwirtschaft, Bevölkerungswachstum und technischer Innovation zu einer Verringerung der Biomasse kommt (Phase 2) und die Landschaft „destabilisiert“ wird (Phase 3). Es kommt vermehrt zu Umweltkatastrophen (instabiles Gleichgewicht), zu Bodenerosion und mit der einhergehenden Verringerung der Bodenfruchtbarkeit auch zu einem geringeren Ertrag, was in Summe zu einem ausgeprägten Bevölkerungsrückgang führt (Phase 4). Dadurch nähert sich die Natur wieder einem stationären Zustand in Form eines dynamischen Gleichgewichtes (Phase 5), in dem sich durch extensive landwirtschaftliche Nutzung Wälder und Grünland wieder an Fläche gewinnen können. Die Spirale hat sich gedreht und kann einen neuen Zyklus beginnend mit Phase 1 durchlaufen (BORK et al. 1998, 35–37). Da Veränderungen der Landschaft irreversibel sind, befindet sich dieses Gleichgewicht jedoch auf einem anderen Niveau. Die neuen Wälder haben die veränderte Zusammensetzung einer Sekundärsukzession (KÜSTER 1998, 30). Mit jedem Durchlauf der fünf Phasen erodieren die Böden weiter und verändert sich deren Fruchtbarkeit. „Kumuliert über die Jahrhunderte gehen dabei immer mehr Böden verloren“ (BORK et al. 1998, 35).

Bereits aus prähistorischer Zeit sind anthropogen verursachte Umweltzerstörungen belegt, wobei es über das Ausmaß unterschiedliche Einschätzungen gibt (vergleiche z. B. die konträren Ansichten bei DIAMOND 2006 und den Beiträgen in McANANY, YOFFEE 2010a). So konstatieren Robert J. Braidwood und Bruce Howe bereits für das neolithische armō (im irakischen Kurdistan) eine umfassende anthropogene Zerstörung der Biosphäre (v. a. der Wälder) (BRAIDWOOD und HOWE 1960, 173). In jüngster Zeit vertritt jedoch Holger Sonnabend die Meinung, „das Ausmaß der anthropogenen Naturveränderungen in der Antike nicht zu hoch einzuschätzen“ (SONNABEND 2005, 119).

Es ist nicht klar, inwieweit sich die (prä-)historischen Menschen der Irreversibilität ihrer Zerstörungen bewusst waren. In jedem Fall gibt es in Platons Kritias eine viel zi-

tierte Textpassage, in welcher die durch den Menschen herbeigeführte Umweltzerstörung in Attika beklagt wird. Demnach sei es durch die Abholzung großer Waldgebiete zu einer starken Bodenerosion und in der Folge zu einer nachhaltigen Zerstörung der Biosphäre gekommen:

„... so ist denn das, was jetzt übriggeblieben ist, gerade-so wie auf den kleinen Inseln, in Vergleich zu dem, was vorher war, wie die Knochen eines von Krankheit verzehrten Leibes: der fruchtbare Boden ist davon abgefallen und hat nur noch das Skelett des Landes zurückgelassen. Als er noch unversehrt war, hatte das Land hohe, runde Hügel anstelle der nackten Berge, und die Ebene, die heute Phelleus heißt, war damals ein reiches Land mit dicker Erdkrume. Und auf den Bergen gab es große Wälder, von denen wir noch heute Spuren haben. Heute gibt es Berge, die außer Bienen nichts ernähren; aber es ist noch gar nicht lange her, daß man auf ihnen Bauholz geschlagen hat, um die Dächer der größten Gebäude aufzuführen, deren Dachbalken noch immer gesund sind. Außerdem gab es eine Fülle von Baumkulturen, und die Berge dienten zahllosen Herden zur Weide.“ (Platon, Kritias III a-e, zitiert nach KITTO 1978, 63).

Neben diesen anthropogenen Veränderungen bewirkten auch externe, vor allem klimatische Faktoren einen Wandel in der Biosphäre. In Summe ergibt sich das Modell eines auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Maßstäben ablaufenden, stochastischen Prozesses, der dynamisch und auf Grundlage vieler unterschiedlicher Ursachen abläuft und somit kaum modellierbar ist (DINCAUZE 2000, 463). In jedem Fall hat sich die Biosphäre durch die Zeit hindurch stark gewandelt. Heutige Verhältnisse dürfen somit auf keinen Fall auf die Vergangenheit übertragen werden.

6.5 Zusammenfassung

Die physische Struktur der Landschaft setzt sich aus den vier Sphären – Atmosphäre, Lithosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre – zusammen. Alle vier Sphären lassen sich schwer isoliert betrachten, da sie in einer komplexen Wechselwirkung untereinander stehen und sich gegenseitig beeinflussen. In diesem Zusammenspiel geben sie der Landschaft ihr regional so unterschiedliches Gepräge. Die Vegetation der Biosphäre und das Relief der Lithosphäre prägen das Erscheinungsbild einer Landschaft in direkter Weise. Klima, Böden und Hydrosphäre sind eher indirekt am Aussehen der Landschaft beteiligt, indem sie die Standortbedingungen der Biosphäre vorgeben und das Relief formen.

Die physische Struktur der Landschaft ist, wie in den einzelnen Kapiteln gezeigt werden konnte, dynamisch; sie unterliegt einem ständigen Wandel. Dieser vollzieht sich in Form von zahlreichen, in den unterschiedlichsten räumlichen und zeitlichen Maßstäben ablaufenden, sich gegen-

seitig überlagernden „Störungen“. Zahlreiche verlaufen zyklisch und sind Teil des dynamischen Gleichgewichtes, andere verlaufen linear und führen zu einer dauerhaften, irreversiblen Veränderung. Die Auswirkungen des Menschen auf jede der Sphären sind zum Teil gravierend und oft irreversibel.

Die physische Struktur, auf welche die Umwelt häufig reduziert wird, bietet dem Menschen Ressourcen, begrenzt aber auch seine Möglichkeiten und setzt somit einen Teil der Rahmenbedingungen für sein Handeln. Inwieweit die physische Struktur menschliches Verhalten und letztendlich Kultur determiniert, war und ist auch heute noch Inhalt archäologischer Debatten.