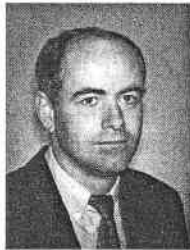


Digitale Geländemodelle aus der Archäologie



Hans-Eckhard Heller

Zusammenfassung

Die praktische Luftbildarchäologie nutzt Luftbilder zur Interpretation der abgebildeten Merkmalstypen. Die Form des Ausgabebildes, sei es eine Schrägaufnahme oder auch eine photogrammetrische Senkrechtaufnahme, unterscheidet sich nicht wesentlich vom Eingangsbild. Auf Grundlage der Vertikalaufnahmen soll in dieser Abhandlung auf das Potential von dreidimensionalen Darstellungsformen (Grauwertgebirge) exemplarisch eingegangen werden, mit Werkzeugen, wie sie uns heute in der Computerwelt zur Verfügung stehen: Endprodukte, die durch neue Sichtweisen auf die luftbildarchäologischen Fußabdrücke (vor und nach der Grabung) weitergehende Interpretationen zulassen.

Digital Terrain Models from Photoarcheology

Practical Photoarcheology uses aerial imagery for the interpretation of weak ground marks. The output of image-enhancement, whether it is an oblique photo or a vertical photogrammetric image, does not differ essentially from the input. On the basis of vertical imagery from the state surveying department, the potential of three-dimensional presentation forms (grey-value-mountains) will be demonstrated with tools that are available in the modern computer world: endproducts which yield advanced interpretations of ancient subsurface details through new views on the archeological footprints.

1 3D-Darstellungsformen luftbildarchäologischer Merkmale

Bei komplexen Informationssystemen, welcher Sparte auch immer, gibt es die gleiche Sequenz von Verarbeitungsabläufen, die sich auch auf die digitale Verarbeitung von luftarchäologischen Bildern projizieren läßt: Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation: **Input, Management, Analysis, Presentation.**

Die *Bilderfassung* ist durch den Bildflug der Landesvermessung abgeschlossen; danach ist die *Digitalisierung* der analogen Bilder mit einem *Scanner* vorzunehmen, um sie mit den Methoden der digitalen Bildverarbeitung so zu behandeln, daß die mehr oder weniger schwach ausgeprägten Merkmale optimal zum Vorschein kommen, und als Abschluß dieses Ergebnis in verschiedenen Darstellungsformen so zu präsentieren, daß durch unterschiedliche Sichtweisen die Objekte noch besser interpretiert werden können.

Ergebnisse können (zweidimensionale) Ausgabebilder sein, kontrastverbessert durch lineare Punktoperationen und konkretisiert durch spezielle Kantentfilter. Hier aber werden Darstellungen gezeigt, wo die zugrundeliegenden *Grautonbilder* in *Grauwertgebirge* umgewandelt werden und die daraus resultierende *Plastizität* der dritten Dimension weitergehende Interpretationen ermöglicht.

2 Bildmaterial (luftarchäologische Merkmale)

Neben einer synthetisch generierten Ringwallanlage gibt es zwei Beispiele, die photogrammetrischen Senkrechtaufnahmen des Landesvermessungsamtes Niedersachsen entstammen. Einmal handelt es sich um die **Lüningsburg** bei Neustadt/Rbge., zum anderen um eine Ringwallanlage aus der **Schotenheide** bei Rodewald (Kreis Nienburg/W.), beides Bodendenkmäler, die verebnet nur noch als Bodenverfärbungen erkennbar sind.

Die Ringwallanlage des Landwirts Erich Duen-
sing gehört zu einer großen Gruppe von Anla-
gen, die bis vor wenigen Jahrzehnten über die
Schotenheide verteilt waren. Vergleichbare wa-
ren bereits in der Preußischen Landesaufnahme
(TK von 1897) kartiert; Funktion und Alter un-
bekannt.

Mit ca. 1,4 ha gehört die Lüningsburg zu den
größeren Ringwällen in Niedersachsen, auf ei-
nem Terrassenvorsprung oberhalb der Talau-
e der Leine gelegen. Die Funde in der Holz-/
Erde-Befestigung lassen auf eine Benutzung
vom 9. bis ins 10. Jahrhundert schließen.

3 Perspektivische Grauwertgebirge (3D)

Im folgenden wird die 2-Dimensionalität verlas-
sen und die Anschaulichkeit von *Digitalen
Geländemodellen* visualisiert.

Vor Beginn der Bearbeitung des Luftbildaus-
schnittes ist eine *Vor-Interpretation* durch den
archäologischen Experten notwendig, d. h. die
Frage, was ist hoch, was liegt tiefer, muß beant-
wortet werden. Sind die dunklen Bildbereiche
tatsächlich Zeichen für eine erhöhte Feuchtig-
keitskonzentration, weil eine feinporige Mate-
rialverfüllung mehr Wasser speichert im Sinne
des *Feuchtemerkmals*, oder geht es in Richtung
dunkler Humuseinfüllungen eines *Bodenmerk-
mals*? Sind helle Ringstrukturen ehemalige Er-

hebungen oder kann es sein, daß es rezente
helle Grabenverfüllungen sind?

Diese Fragen müssen vorab geklärt werden.
Daher sollen auch die beiden folgenden Bei-
spiele diese Möglichkeiten offen lassen.

Bei der Ringwallanlage aus der **Schotenheide**
sind die Berandungsstrukturen hell ausgeprägt,
was bedeuten kann, daß es sich um Verfärbun-
gen ehemaliger Walloberkanten (Bodenmerk-
mal/POSITIV) handelt, oder sind es doch helle
Grabenverfüllungen (NEGATIV)?

Die **Lüningsburg** dagegen zeigt dunkle Beran-
dungsbänder. Aus Grabungen ist bekannt, daß
sich hier ehemals Gräben entlangzogen.

3.1 Aufbereitung zur 3D-Darstellung

Bedenkt man den Datentyp, die Bildinforma-
tionen liegen digital vor, so kann man weiter
vorgehen und versuchen, diese weiter aufzube-
reiten. Die Bildinformation besteht aus vielen
Pixeln, die zeilen- und spaltenförmig die Grau-
wertinformationen mit sich tragen. Es kann sich
um die unterschiedlichsten *Graphikformate*
handeln (TIFF, GIF, JPEG, TARGA, PCX,
BMP, . . .), die alle für sich einen speziellen Co-
dierschlüssel haben. Im einfachsten Fall können
die *Pixel* in der *Bildmatrix* fortlaufend von Po-
sition 1/1 bis n/n zeilen- oder spaltenweise im



Schotenheide



Lüningsburg

Abb. 1: Grauwertbilder der Ringwallanlagen

L	d	%	5	y	7	A	|	>	9	^	\	X	T	T	76	100	190	53	255	55	65	73	62	57	136	92	88	84	84
_	W	□	l	d	Ö	ý	-	M	k	]a	Z	n	Š		95	87	129	73	100	213	253	152	77	107	93	97	90	110	138
5	S	D	J	ç	„	B	□	p	V	g	Z	:	[		53	83	68	74	231	132	73	66	128	112	86	103	90	59	91
ý	6	5	5	5	:	5	5	4	5	4	Y	D	I	ý	255	54	53	53	53	58	53	53	52	53	52	89	68	108	255
ý	b	ý	□	□	6	5	5	·	Á	ú	ý	]ý	□		255	254	255	128	143	54	53	53	96	195	250	255	93	253	128
ý	½	p	V	ý	ú	ý	f	†	□	p	V	ý	=		255	189	254	86	255	249	255	255	131	134	142	254	86	255	61
ý	ý	w	)	œ	φ	ý	ú	»	W	°	‡	ý	Ö	Y	255	255	119	125	156	162	255	251	187	87	176	136	255	210	89
ú	Ö	_	k	i	™	ö	Ö	·	O	X	t	V	:	„	249	210	95	107	105	153	246	210	183	79	88	116	86	58	164
¿	ý	l	z	a	³	ý	ý	ý	p	·	□	E	-	c	191	255	108	122	97	179	255	255	253	112	96	144	69	150	99
p	ñ	□	{	l	f	æ	Á	-	r	r	...	U	Ü	ý	254	241	158	123	108	131	230	194	173	114	114	133	85	219	255
©	ü	Ö	_	{	É	l	x	h	m	ü	ý	,	5	6	169	252	212	95	123	200	166	120	104	109	249	255	130	53	54
¿	l	á	³	i	„	l	Ñ	„	Ñ	ý	e	6	9		191	206	227	179	105	164	204	209	165	172	209	255	101	54	57
,	ý	z	·	·	□	□	á	]%	ý	h	l	5	5		130	255	122	179	149	127	128	229	93	137	255	104	73	53	53
ö	„	Ö	Ö	-	Ü	ý	p	ü	ý	ý	□	>	5		246	132	211	214	152	219	255	254	249	255	255	127	55	62	53
á	ý	ý	-	-	Ø	á	á	ý	ý	φ	-	=	7	;	229	255	253	152	152	216	227	227	255	255	162	173	61	55	59

ASCII-Code (Raw-Data)

Grauwert-Intensitäten (ASCII-Ordinalwerte)

Abb. 2: Unterschiedliche Formen der Bildmatrixinhalte

ASCII-Format gespeichert sein; ein Datenaustauschformat, bei dem 256 Zeichen, Sonder- und Steuerzeichen (String-Länge: 1 Charakter) in einem Schema abgelegt/codiert sind.

Das Bildverarbeitungsprogramm *PhotoStyler*, in dem die Bildverbesserungen vorgenommen wurden, bietet eine Export-Schnittstelle im „Raw-Data-Format“: in einer ASCII-Datei stehen die korrespondierenden ASCII-Werte nacheinander „lesbar“ abgelegt. Mit einem Schnittstellenprogramm kann dieser Bilddatensatz in Matrixform (Abb. 2) gegliedert werden. So sind die Daten für die weitere Vorgehensweise als Input aufbereitet.

Das Werkzeug, welches der Bildverarbeitung zur Visualisierung hintergeschaltet wird, ist EXCEL, das Tabellenkalkulations-Programm aus der Office-Welt von Microsoft unter Windows 95. Zu dieser Familie gehören auch die Textverarbeitung WORD und die Datenbank ACCESS. Wie aber soll eine Tabellenkalkulation hier dienlich sein können?

Ver-, Bearbeitung von Tabellen geschieht in einem Schema von Zeilen und Spalten, nicht anders als die Struktur einer *Bildmatrix*, in der die Grauwerte rasterförmig abgelegt sind. In dieses EXCEL-Tabellenschema werden die ASCII-Bildmatrix-Daten importiert; aus den vielfältigen Möglichkeiten kann mit der CODE-Funktion die ASCII-Matrix konvertiert werden in die spezifischen Ordinalwerte; d. h. jedes Zeichen steht an einer bestimmten Stelle in der Abbildungstabelle von 1 bis 256. Das Ergebnis ist

also wieder die Original-Bildmatrix aus der Bildverarbeitung, wo die Zahlen die Grauwerte für das menschliche Auge greifbar machen. Auf Grundlage dieser Tabellenform können in EXCEL die vielfältigsten graphischen Erscheinungen generiert werden; bekannt sind i. a. Säulen- und Tortendiagramme.

Für die Darstellung von zweidimensionalen Zahlenfeldern (hier: Bildmatrix) eignet sich hervorragend ein *dreidimensionales Flächenmodell*, wo die Zahlenwerte (hier: Grauwerte von 0 . . . 255) an allen Rasterpunkten entsprechend ihrer Größe, quasi der Höhe nach, nach oben abgetragen werden. Diese Endpunkte der „Fahnenstangen“ können nun mit vielen Facettenstücken in Form eines Zeltdachs überspannt werden. Diese Darstellung repräsentiert im Vermessungswesen nichts anderes als ein *Digitales Geländemodell*, welches aus rasterförmigen Profilmessungen der Stereo-Luftbildauswertung resultieren kann; jeder Rasterpunkt hat eine Koordinate X, Y und den zugeordneten Höhenwert Z. Der Unterschied zum Grauwertgebirge besteht darin, daß die Verfärbungen archäologischer Bodendenkmäler *Strahlungsintensitäten* darstellen; weiß bzw. hellere Grauwerte strahlen mehr, dunkle Partien eines verfüllten Grabens einer Ringwallanlage scheinen dunkel und somit im Luftbild mit sehr schwacher Strahlungsintensität.

Der wesentliche Unterschied zwischen einem *Digitalen Geländemodell* (DGM) und einem Luftbild-Grauwertgebirge liegt darin, daß die

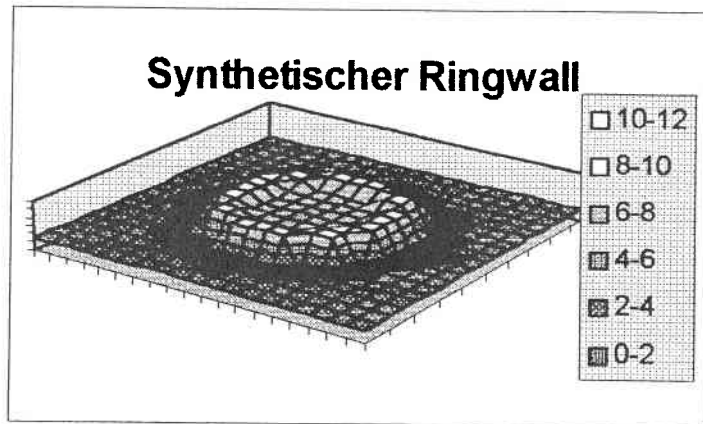
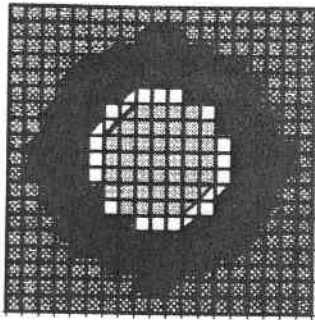


Abb. 3: Grundriß digitales Rasterbild

Grauwertgebirge, Normalansicht

Höhen im DGM wahre Höhen sind. Die „Höhen“ der Intensitäten der Bildmatrix werden nicht linear abhängig sein vom metrischen Höhenmaßstab, können aber zumindest die scheinbaren Höhenunterschiede einer vormals dreidimensionalen Ringwallanlage plastisch und in den ungefähren Größenverhältnissen wieder herstellen.

Die Variationsmöglichkeiten der unterschiedlichen Ansichtsformen werden durch Steuerparameter bewirkt. Die Wirkungen der Parameter bzw. die graphischen Ergebnisse werden zunächst an einem synthetisch generierten Modell (Abb. 3) demonstriert: mit flachen und steilen Blickwinkeln, mit Grund- und Aufrissen, mit künstlich verflachtem Höhenprofil und fast unnatürlichen Übersteilungen und mit perspektivischen Verbiegungen. Daran schließen

sich die beiden realen Beispiele **Schotenheide** (Abb. 5) und **Lüningsburg** (Abb. 6) an.

4 Digitale Grabungsprofile

Nachdem das Bodendenkmal in seiner Gesamtheit als *Geländemodell* dargestellt ist, können im Folgeschritt gezielt *Profilschnitte* herausgegriffen werden. Es kann schon als chirurgischer Eingriff bezeichnet werden, wenn nach der ersten Analyse der Gesamtansicht ein Grabungsprofil heraus-„seziert“ wird: Aus dem Bild wird der entsprechende Ausschnitt herausge-„stutzt“, wie gesehen weiter aufbereitet und in Form der 3D-Darstellung präsentiert. Im vorliegenden Beispiel konnte auf eine Handzeichnung als Auswertung einer Grabung zurückgegriffen werden, der der digitale Schnitt gegen-

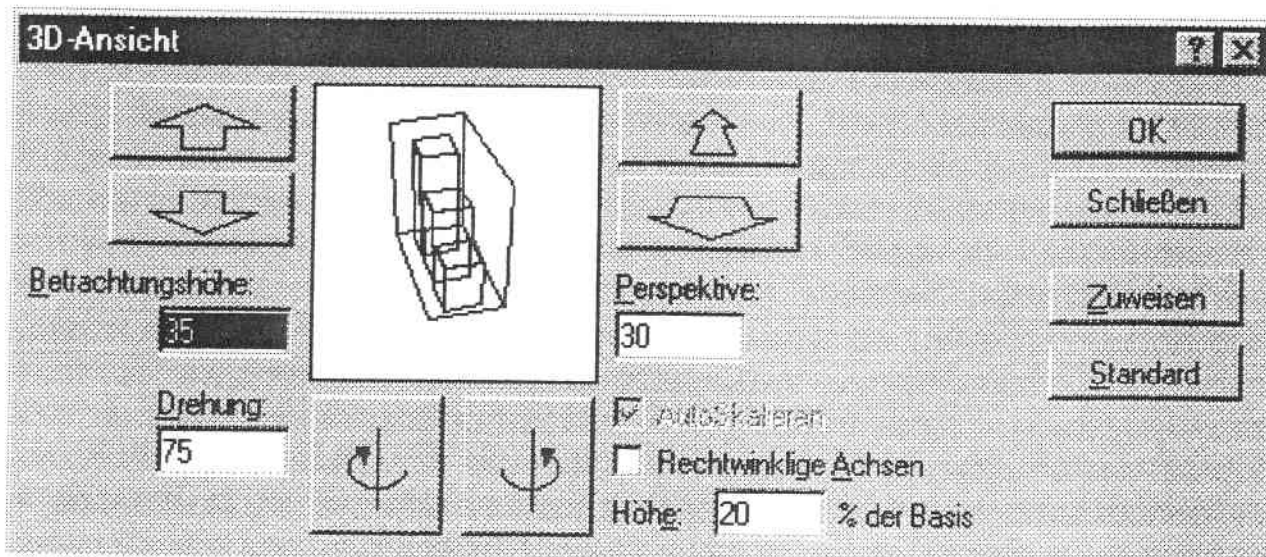


Abb. 4: Steuerparameter einer 3D-Ansicht

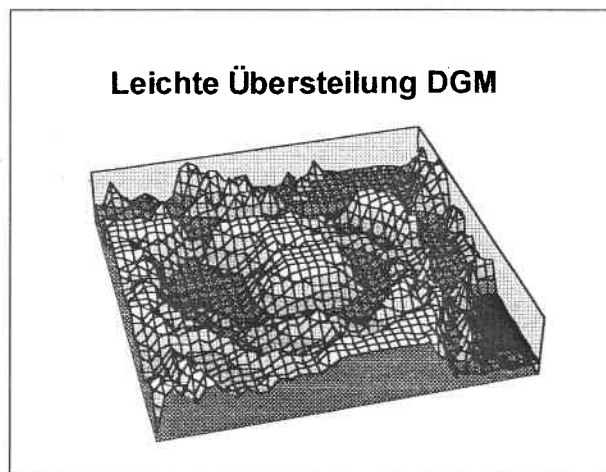
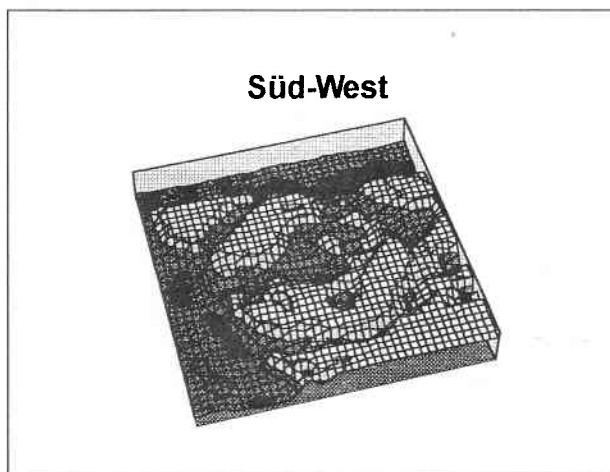
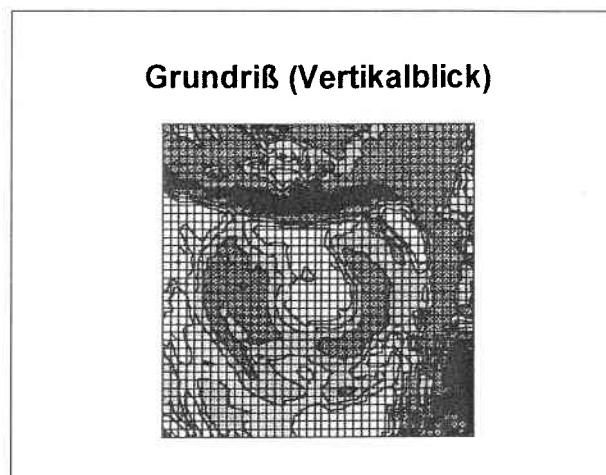
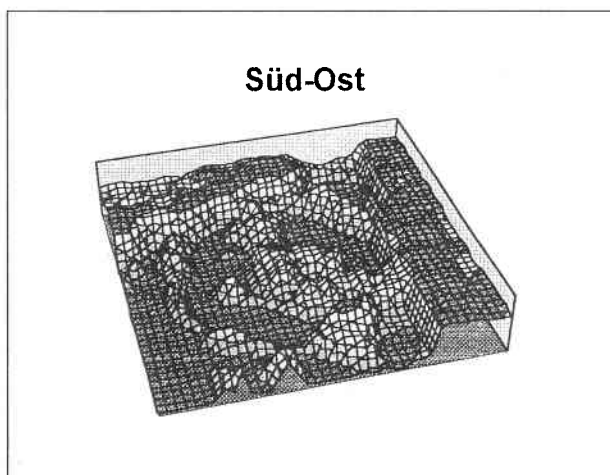


Abb. 5: Ringwallanlage Schotenheide, 3D-Darstellung, Positiv und Negativ

Abb. 6: Lüningsburg (Neustadt/Rbge.): 3D-Ansichten in Varianten

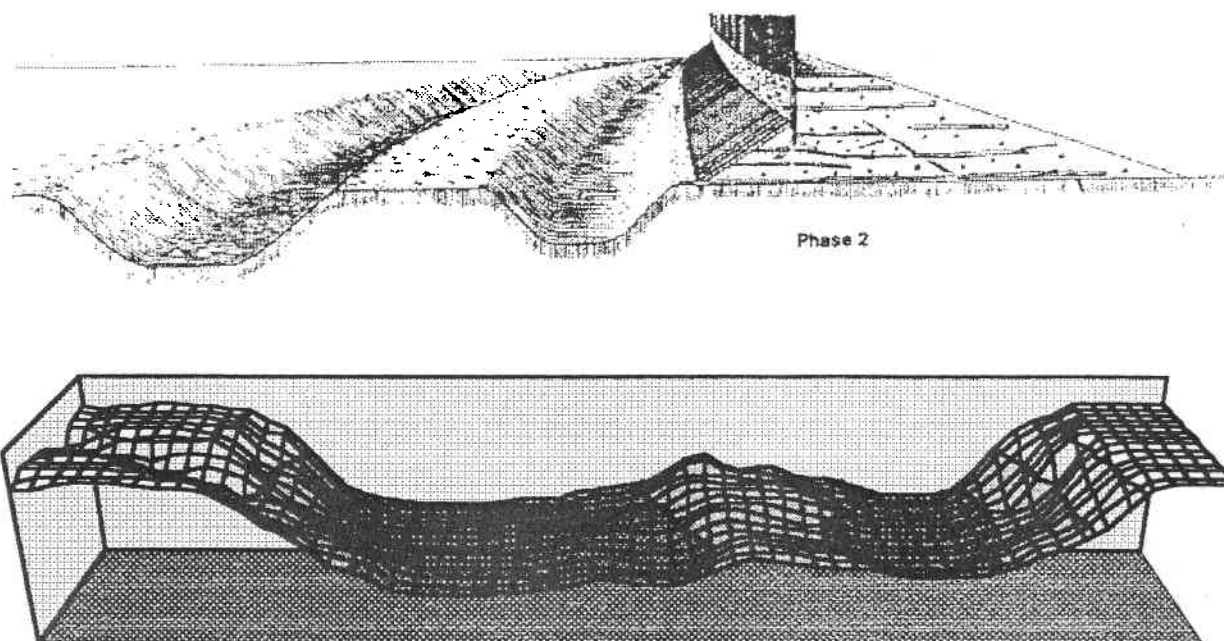


Abb. 7: Validierung des DGM-Profiles gegenüber Handzeichnung (Befestigungsphase 2 nach Linke und Peters)