

Untersuchungen zur vermessungstechnischen Dokumentation eines archäologischen Denkmals am Beispiel: Das Neue Schloß bei Braunschwende, Ldkr. Mansfelder Land

OLAF SCHRÖDER

»Entspricht die Art und Weise, in welcher die Bearbeitung mittelalterlicher Burganlagen erfolgt, dem heutigen Stand der Wissenschaft und den neuzeitlichen Reproduktionsmöglichkeiten? Woran leiden die meisten solcher Arbeiten? Welche Wege müssen eingeschlagen werden, um eine auf wissenschaftlicher Höhe stehende, sachverständige, erschöpfende, und vor allem einheitliche Behandlung des für die Geschichtsforschung, Denkmalspflege und Heimatkunde wichtigen Gegenstandes herbeizuführen?« (Rauchfuß 1919, 5)

Diese bereits 1919 als Einleitung zu einem Beitrag zur Burgenforschung von Herrmann Rauchfuß in Halle gestellten Fragen bestehen damals wie heute mit unverminderter Aktualität, da die Beantwortung nie endgültig und erschöpfend erfolgen kann. Die Antwort sollte dem jeweiligen fachspezifischen Wissensstand sowie den wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten angepaßt werden. Da dies dynamische Prozesse sind, muß die Frage nach der »Art und Weise der Bearbeitung« fortwährend neu gestellt und auch beantwortet werden.

Seit Beginn der wissenschaftlichen Archäologie besteht eine enge Verknüpfung zwischen der Vermessung und einer Ausgrabung. Vermessung, Kartographie, Photogrammetrie und GIS-Anwendungen (Geographische Informationssysteme) leisteten und leisten einen wichtigen Beitrag zur Erforschung unserer ältesten Vergangenheit.

Innovative Impulse gehen dabei jedoch in aller Regel von der Vermessung aus, die ständig bemüht scheint, sich neue Betätigungsfelder zu erschließen. Die Archäologie – als Geisteswissenschaft – steht »den neuen technischen Methoden« zumeist abwartend, wenn nicht gar skeptisch gegenüber. Ausnahmen bestätigen hier die Regel. Dies liegt meiner Meinung nach am mangelnden Verständnis für Meßverfahren und Rechenprozesse, was mit der fortschreitenden Technisierung weiter zunimmt.

Den derzeitigen aktuellen Stand bei der vermessungstechnischen Dokumentation oberirdischer archäologischer Denkmale in Sachsen-Anhalt aufzuzeigen, dient dieser Beitrag.

Archäologie und Vermessung – ein entwicklungsgeschichtlicher Überblick

Die Vermessung archäologischer Denkmale, sei es die lagebezogene Einmessung von Fundstellen bzw. Bodendenkmalen oder die detaillierte Erstellung einer archäologi-

schen Karte, bildete vom Beginn der wissenschaftlichen Archäologie an einen wesentlichen Bestandteil der Dokumentation dieser Fundstellen beziehungsweise der Bodendenkmale. Auf der anderen Seite nahmen Landmesser und Kartographen bereits sehr früh Kenntnis von archäologischen Relikten und bildeten diese als signifikante Merkmale in der Landschaft ab.

Aus dieser Zeit – Anfang des 19. Jh. – stammen die ersten kartographischen Darstellungen archäologischer Denkmale und Denkmalgruppen, wobei von Anfang an eine Trennung dahingehend zu beobachten ist, ob die Impulse von der Archäologie oder von einer vermessungsspezifischen Aufgabenstellung ausgehen. Seitens der Archäologie wird dabei mehr Wert auf eine bildhafte, schematische Darstellung gelegt, bei der die wissenschaftliche Interpretation im Vordergrund steht. In der Vermessung dienen archäologische Denkmale eher als bestimmende Geländemerkmale. In einer 1819 für das Personal der württembergischen Landesvermessung herausgegebenen Instruktion wird darauf hingewiesen, daß »alte Heerstraßen, Schanzen, Denkmale, Altertümer etc. sorgfältig in die Charte eingezeichnet« werden sollen (Müller 1983, 84).

Dies erfolgte zum Teil auch, wobei die Aufnahmen von Landmessern – also ohne geschultes archäologisches Personal – wohl eher zufälligen Charakter hatten.

Spätestens seit dem Ende des 19. Jh. und vor allem am Anfang des 20. Jh. setzte eine neue Qualität in der Vermessung obertägiger archäologischer Denkmale ein. Dies resultierte vor allem daraus, daß die Bedeutung des räumlichen Bezuges von archäologischen Funden und Befunden untereinander auf einer Fundstelle sowie die räumlichen Beziehungen der Fundstellen und Denkmale innerhalb einer großräumigeren Landschaft erkannt worden waren. Die »archäologische Landesaufnahme«, d. h. die systematische und vereinheitlichte Erfassung aller archäologischen Relikte in einer Region, wurde bereits 1891 in Baden-Württemberg begonnen (Müller 1983, 85).

Später wurde versucht, auch in anderen Bundesländern derartige Arbeiten durchzuführen, wobei bis heute keines dieser Projekte zum Abschluß gebracht werden konnte. Dies lag und liegt vorrangig an der Vielzahl archäologischer Denkmale und dem sich daraus ergebenden Finanz- und Personalbedarf für ein solches Projekt.

Auch die großmaßstäbige Aufnahme und Darstellung einzelner archäologischer Denkmale wurde vereinzelt in dieser Zeit durchgeführt. Eine frühe kartographische Darstellung eines archäologischen Denkmals ist der 1838 von Bauinspektor von Clemens-Millwitz angefertigte Plan der Basaltwälle auf dem Kleinen Gleichberg (Bahn 1982, 419). Dabei traten sowohl die Genauigkeit als auch der genaue räumliche Bezug innerhalb des Objektes und gegenüber der Umgebung hinter die subjektive »wissenschaftliche« Interpretation zurück. Gekennzeichnet ist dies durch die Verwendung von ausschließlich Berg- oder Keilschraffen unter gleichzeitigem Verzicht auf beispielsweise die Höhendimension repräsentierende Höhenschichtlinien.

Die daraus resultierenden Nachteile wurden jedoch frühzeitig erkannt. So schreibt Hermann Rauchfuß bereits 1919, daß »die Höhenverhältnisse in den Niveaulinien und Höhenzahlen genau« wiedergegeben werden »und auf dem Plan nicht ganz willkürlich die Höhenlage der Burg durch Bergstriche anzudeuten« ist. »Man sollte wirklich annehmen, daß die laienhafte Anbringung von Bergstrichen ohne jede Höhenzahl, ein überwundener Standpunkt sein müßte« (Rauchfuß 1919, 9). Ein für die damalige Zeit innovatives Beispiel ist der bereits 1900 erstellte Vermessungsplan »Auf der Kappel« im

Stadtgebiet von Sonneberg. Der Burgwall ist neben einer das Relief hervorhebenden plastischen Schummerung zusätzlich mit Höhenschichtlinien dargestellt (Bahn 1982, 418).

Etwa seit Ende des ersten Drittels des 20. Jh. erfuhr die Archäologie und damit im Zusammenhang auch die Vermessung archäologischer Objekte einen vor allem durch das Erstarken des Nationalbewußtseins beförderten Aufschwung. Dieser setzte sich auch nach dem Ende des 2. Weltkrieges in beiden deutschen Staaten fort, so daß vor allem in den 50er und 60er Jahren sowohl die großräumige Kartierung archäologischer Objekte (Landesaufnahme) als auch verstärkt die detaillierte Vermessung und Kartierung einzelner Denkmale durchgeführt wurde. Dabei wird der Anfang des Jahrhunderts eingeschlagene Weg – die Verwendung von Höhenlinien zur Kennzeichnung der Höhendimension und zusätzlich die Anbringung von Keil- bzw. Bergschraffen zur interpretierenden Kennzeichnung des Feinreliefs – fortgeführt.

Die detaillierte Aufnahme von Einzelobjekten, möglichst vollständig und systematisiert, wurde als Schwerpunkt erkannt. Dabei legte man vor allem Wert auf die vollständige Dokumentation der Denkmale, die einen Vermessungsplan mit Beschreibung, die fotografische Dokumentation, alle bisherigen Funde und die betreffende Literatur enthalten sollte (Müller 1983, 89).

In diesem Zusammenhang ist auch erkannt worden, daß erhebliche Schwierigkeiten darin bestehen, von wem die Vermessung und Kartierung erstellt wird. Ein Großteil dieser Arbeiten werden von Vermessern, Bauleuten oder Militärs durchgeführt oder werden im Rahmen von Diplom- bzw. Seminararbeiten an vermessungsspezifische Fachhochschulen und Universitäten vergeben. Dies führt dann regelhaft zu vermessungstechnisch guten Arbeiten, bei denen jedoch die archäologischen Belange weitgehend unberücksichtigt bleiben. Relevante Befunde und Reliefstrukturen werden im Gelände vom »Laien« in ihrer Bedeutung nicht erkannt, andere historisch unwichtige Strukturen werden überdimensioniert aufgenommen und dargestellt. Auch entspricht meist die angewendete Meßmethode oder die kartographische Darstellung nicht immer den Besonderheiten des Meßobjektes.

Ein weiterer Nachteil ist, daß der Authentizität und Genauigkeit gewohnte Vermesser fachspezifisch nicht in der Lage sein kann oder aber sich scheut, subjektive interpretierende Ergänzungen »zu messen«. Werner Coblentz schreibt 1957 dazu: »Bei der Vermessung ur- und frühgeschichtlicher Bodendenkmale ist es unbedingt erforderlich, daß der Fachprähistoriker selbst mit eingreift. Einmal muß er die Abgrenzung des aufzunehmenden Geländes bestimmen, da das für die wirksame Darstellung einer Anlage wesentlich ist. Zum anderen sollte man den Vermesser auf die Funktion und Zeitstellung des Bodendenkmals sowie weitere kulturgeschichtliche Einzelheiten, die mit dem Aufnahmeobjekt in Beziehung stehen, aufmerksam machen und ihm dies im Gelände erläutern« (Coblentz 1957, 372).

Und Mortimer Wheeler schreibt 1960 zur Frage der Genauigkeit: »Nach meiner Erfahrung neigen Berufsfeldmesser dazu, über dem Planen der Bäume die Vorstellung des Waldes zu verlieren, also soviel Sorgfalt auf geringfügige Unregelmäßigkeiten (von denen viele sekundär und zufällig sind) in einer alten Mauer zu verschwenden, daß die ihren wesentlichen Charakter und ursprünglichen Zweck falsch wiedergeben« (Wheeler 1960, 155 f.).

Dahingegen sind Vermessungen von Fachhistorikern oder Archäologen zumeist geprägt von mangelnder Genauigkeit und Authentizität. So ist dem Verf. beispielsweise in der archäologischen Fachliteratur und auch in einer Vielzahl von Grabungs- und Dokumentationsanleitungen der verschiedensten archäologischen Einrichtungen kein Beispiel bekannt, welches sich mit der Frage der Genauigkeit auseinandersetzt. Auch die Notwendigkeit der Überprüfung der erreichten Genauigkeit oder der erreichten Ergebnisse wird selten bis nie ausgeführt¹.

Die angewandten Meßmethoden und kartographischen Darstellungen entsprechen in der Regel nicht dem neueren Stand der Technik, wissenschaftliche oder subjektive Gelände- oder Befundinterpretationen stehen im Vordergrund. Dies resultiert meiner Meinung nach aus der weit fortgeschrittenen Spezialisierung der jeweiligen Fachrichtung, die es dem fachfremden »Laien« nur sehr schwer ermöglicht, einen tieferen Einblick in die spezifische Problematik zu erlangen. Auch eine gewisse »wissenschaftliche Arroganz« kann als Grund dafür angeführt werden, da die jeweils andere Fachrichtung lediglich als Hilfsdisziplin angesehen wird.

Dies führt in der Archäologie zur Entwicklung oder Anwendung sehr einfacher Meßgeräte und Verfahren und zum Teil zu skurilen »Vermessungsmethoden«, wie das ebenfalls von M. Wheeler beschrieben wird: »Ebenso wie vor allzu komplizierten professionellen Vermessungsmethoden muß ich den Studenten (der Archäologie: Anm. Verf.) vor dem gegenteiligen Extrem warnen. Ein sehr bedeutender Archäologe meiner Bekanntschaft pflegte sich mit zwei Bohnenstangen und einer Visitenkarte auf die Vermessungsexpeditionen zu begeben, die ersteren für die <Geraden> und die letzteren (entlang der Seiten gesehen) für die <Winkel>. Ich sah einige seiner Ergebnisse und wunderte mich, daß sie nicht noch ungenauer waren, als sie es wirklich sind« (Wheeler 1960, 156).

Vor allem die Tatsache, daß Archäologen zum Teil modernen vermessungstechnischen Verfahren – oder einer exakten Vermessung überhaupt – wenig Wert beimessen, führte zu einer Vielzahl von Anleitungen und Verfahrensbeschreibungen sehr einfacher Meßmethoden, bei denen vor allem die Genauigkeit auf der Strecke blieb.

Diese Problemstellung wurde in einigen Bereichen seit den 70er und 80er Jahren des 20. Jh. erkannt und umgesetzt. So werden beispielsweise in Baden-Württemberg, Bayern, in der Schweiz und in Sachsen ausgebildete Vermesser unmittelbar in der Denkmalpflege oder Archäologie beschäftigt, was zu einer innovativen Auseinandersetzung mit der Thematik archäologiespezifischer Vermessungen führt. Auch die Anwendung moderner Vermessungstechnik wird in diesem Zusammenhang forciert (Lorig 1978; Glutz 1979; Wiemann u. a. 1987; Glutz 1988; Eckstein/Müller 1989). Förderlich wirkten sich auch die in dieser Zeit vermehrt zur Verfügung stehenden Finanzmittel für die Denkmalpflege aus, die es erlaubten, neueste Gerätetechnik auch in der Denkmalpflege und Archäologie zur Anwendung zu bringen. Projekte wie der 1979 begonnene »Atlas der obertägigen archäologischen Denkmale Baden-Württembergs« nahmen hier ihren Aus-

1 Lediglich Schwarz (1967, 32 f.) verweist auf die Notwendigkeit der Fehlerverteilung am Ende eines Bussolenzuges.

gang (Eckstein/Müller 1989, 86). Insgesamt führte diese intensive Zusammenarbeit zu einer gegenseitigen Befruchtung, die zum Teil bis heute gültige Maßstäbe gesetzt hat.

Beispielhaft dafür ist auch die Erstellung und Publikation einer normierten Zeichenrichtlinie für die archäologische Planerstellung, mit deren Hilfe versucht werden sollte, einen einheitlichen Standard innerhalb archäologischer Pläne deutschlandweit zu definieren (Müller u. a. 1984). Eine verbindliche Richtlinie ist dies jedoch nicht.

Dies führte aber auch zu einer stärkeren Anerkennung der Vermessung innerhalb der Archäologie. Rudolph Glutz stellte 1988 fest, daß die topographische Aufnahme archäologischer Denkmale »einen eigenständigen Schritt in der Erforschung eines Bodendenkmals« darstellt (Glutz 1988, 237f.).

Die Aufnahmeform mit optischen Geräten und die Kartierung per Hand, zum Teil unmittelbar im Gelände auf einem Kartiertisch, stellte den zur damaligen Zeit optimalsten Weg bei Vermessungen archäologischer Denkmale dar. Insbesondere die 2,5-dimensionale Darstellung mittels Höhenschichtlinien, die regelhafte Anbindung der Vermessungspläne an die staatlichen Festpunkt- und Höhennetze, aber auch die zusätzliche Anbringung interpretierender Keilschraffen, führte zu einer den archäologischen Belangen optimal angepaßten kartographischen Darstellung.

Spätestens mit dem Beginn der 90er Jahre des 20. Jh. hielt der Computer dann Einzug in die archäologische Vermessung. Die Verwendung elektronischer Vermessungsgeräte, wie Tachymeter oder Totalstationen, und die Darstellung mit Hilfe verschiedener CAD-Programme (Computer Aided Design) sind in zunehmenden Maße in den Publikationen zu verzeichnen. Dabei gehen die Innovationen im Regelfalle von der englischen, schweizerischen oder niederländischen Archäologie aus².

In Deutschland resultierten zu Beginn der Entwicklung diesbezügliche Anwendungen und Ergebnisse überwiegend aus vermessungsspezifischen Diplomarbeiten an Universitäten und Fachhochschulen (vgl. Benedikt u. a. 1993; Böhler/Heinz 1998). Dies führte jedoch wieder zu den Nachteilen, die bereits in den 50er und 60er Jahren erkannt worden waren. Die auf (vermessungs)technisch neuestem Stand durchgeführten Arbeiten genügen den archäologischen Besonderheiten nicht in ausreichendem Maße (Heinze u. a. 1999). Gleichzeitig stehen die Archäologen und Denkmalpfleger der »neuen« Technik oftmals skeptisch gegenüber. Dies gilt sogar für einige der nunmehr seit 20 Jahren in der Archäologie tätigen Geodäten. So beschreibt R. Glutz noch 1998 seine seit Ende der 70er Jahre angewandte Methode der Bussolentachymetrie als das den speziellen Erfordernissen der Archäologie und den schweizerischen Besonderheiten am besten angepaßte Meßverfahren. »Je schwieriger das Gelände, desto vorteilhafter ist die ... <Handmethode>« (Glutz 1998, 86).

Als nachteilig wird vor allem die den archäologischen Vorstellungen nicht ausreichend gerecht werdende mangelhafte (zu schematische) Darstellung von zum Beispiel Höhenschichtlinien oder Felsstrukturen empfunden. Auch interpretierende oder ergänzende Angaben (zum Beispiel nicht nachzuweisende, aber vermutete Geländestrukturen)

² Vgl. dazu Beex 1991; Beex 1995; Dewilde u. a. 1994; Kamermans u. a. 1995; Bader/Wild 1998; Levandowicz 1998.

sind nur bei der Plannachbearbeitung im Gelände möglich. Die intensive Auseinandersetzung mit dieser Problematik führt auch hierbei zu verschiedenen Lösungsansätzen, die zum Teil bis heute nicht abgeschlossen sind. Bei privatwirtschaftlich geführten »Grabungsfirmen« erzwingen wirtschaftliche Erwägungen oder Konkurrenzdruck am ehesten die Auseinandersetzung mit der neuen Technik³.

Die ersten interpretierenden digitalen Geländemodelle (DGM)⁴ führen alsbald zum Erkennen der prospektorischen Möglichkeiten, die solche beinhalten⁵. Ein besonderes Beispiel für die Möglichkeiten, die in diesem Zusammenhang erreicht werden können, wurde bereits 1994 in einer Arbeit aus Belgien vorgelegt (Dewilde u. a. 1994). Hier wurde im Rahmen der Grabungsauswertung (Untersuchung einer mittelalterlichen Burganlage) der Weg vom Vermessungsplan über ein digitales Geländemodell bis hin zur visuell auch Laien ansprechenden Rekonstruktion der Burg vorgeführt.

Die vermehrt in jüngster Zeit publizierten Computeranimationen (virtuelle dreidimensionale Rekonstruktionen) verschiedener archäologischer Objekte⁶ sowie die zögerliche Anwendung satellitengeodätischer Geräte (Bader/Wild 1998; Böhler/Heinz 1998; Breuer 2000) zeigen den weiteren Weg der Entwicklung auf, der auch in der archäologischen Vermessung beschränkt wird. Die 1919 von Herrmann Rauchfuß (s. o.) gestellten Fragen nach der »Art und Weise« und in diesem Zusammenhang nach der Aktualität der Arbeit zur Erforschung – was die wissenschaftlichen Fragestellungen oder auch was die technischen Möglichkeiten anbelangt – sind nach wie vor aktuell und werden gestellt.

Topographische und geologische Beschreibung des Meßobjektes

Der Harz stellt als eine Art Insel das am weitesten nach Norden vorgeschobene Mittelgebirge in Deutschland dar. Der hochgelegene Westteil des Harzes wird als Oberharz, der niedrigere Ostteil als Unterharz bezeichnet. Der Unterharz geht nach Richtung Osten hin zuerst in das Mansfelder Bergland und schließlich in das östliche Harzvorland über, welches sich bis nach Halle erstreckt.

Etwa am Übergang zwischen dem Mansfelder Bergland und dem südlichen Unterharz – zwischen der Wipper und der Lane – liegt auf einer zur Wipper hin zunächst leicht abfallenden Hochfläche eine gewaltige und relativ gleichmäßige Erdwallanlage.

Geographisch befindet sich die Wallanlage etwa im Zentrum eines aus den Städten Sangerhausen, Nordhausen, Quedlinburg und Aschersleben gebildeten Vierecks. Die am nächsten gelegene Ortschaft Braunschwendt ist etwa 1,3 km entfernt (Abb. 1). Bemerkenswert ist zudem, daß die Wallanlage genau im Winkel zweier alter Straßenverläufe liegt. Dies sind einerseits die Wippstraßer Chaussee und zum anderen die wohl sehr alte Klausstraße.

3 Dazu beispielhaft Schaich 1995.

4 So beispielsweise bei Beex 1991, 93; Dewilde u. a. 1994, 11; Kotsakis u. a. 1995, 184; Romano/Tolba 1995, 172 f.; Klappauf 1996, 444; Levandowicz 1998, 40.

5 So beispielsweise bei Schröpfer 1996; Buthmann/Posluschny 1998; Buthmann u. a. 1998.

6 Dazu Kotsakis u. a. 1995; Kemp 1995; Lucet/Lupone 1995; Collins u. a. 1995; Harmeling u. a. 1999; Hauser/Rossi 1999, Abb. 21; Kortüm/Lauber 2000.

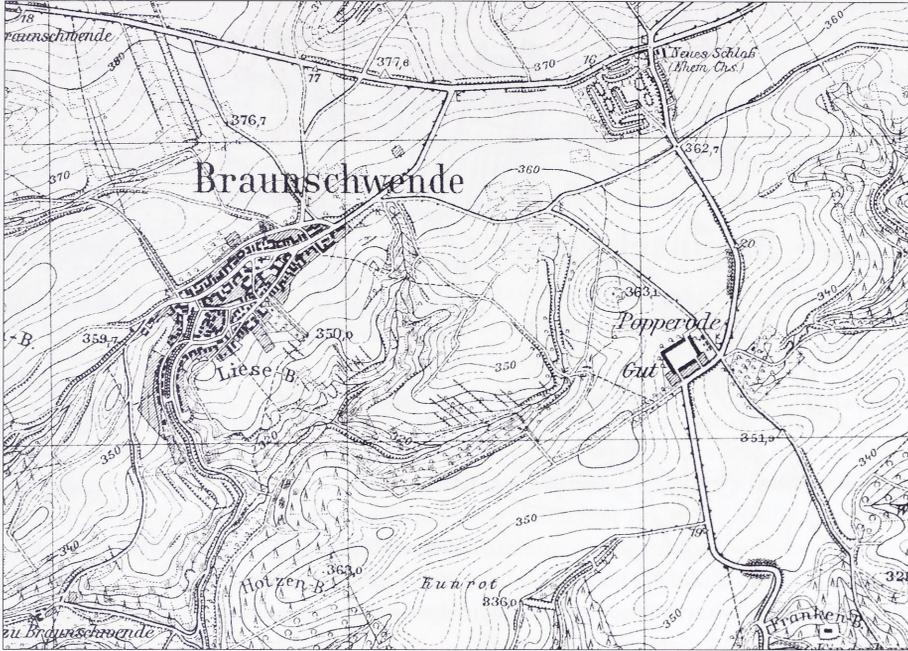


Abb. 1 Meßtischblatt 2528 (Wippra) – Ausschnitt. Herausgegeben 1909, berichtigt 1925. M. 1:25000.

Die historisch-archäologische Bezeichnung der Wallanlage: »Das Neue Schloss bei Braunschweide« läßt sich auf ältere Ursprünge zurückführen. Bereits auf dem Urmeßtischblatt (Wippra 2528, M. 1:25000) – aufgenommen 1853 vom königlich-preussischen Generalstab – sind die umliegenden Fluren mit »vor dem neuen Schlosse« und »hinter dem neuen Schlosse« bezeichnet (Abb. 2).

Von welcher Seite man sich dem »Neuen Schlosse« auch nähert, immer hebt es sich signifikant aus dem umliegenden Gelände hervor. Dies liegt einerseits an der Tatsache, daß es sich hierbei um eine relativ große Wallanlage handelt, die zudem an der höchsten Stelle einer nur mäßig bewegten Hochfläche liegt. Andererseits hebt der intensive Baum- und Strauchbewuchs die Wallanlage zusätzlich aus dem von Feldwirtschaft geprägten umliegenden Gelände hervor (Abb. 3).

Die Wallanlage selbst besteht aus einem etwa 100 m x 100 m großen ebenen Kernwerk, welches auf der West- und auf der Südseite von einem Graben begrenzt wird. Dieser führt zum Teil ganzjährig Wasser (Abb. 4). Den Graben und im Norden und Osten direkt das Kernwerk umzieht trapezförmig ein sehr mächtiger, etwa 8 m hoher und an der Krone etwa 18 m breiter Wall, der an den Ecken, in der Mitte des Ostteils und in der Mitte des Westteils unterbrochen ist (Abb. 9). Die Seitenlänge beträgt etwa 200 m. Zwischen dem Wall und dem umliegenden flachen Gelände wurde ein weiterer tiefer Graben angelegt, der im Westen und Süden vollständig fertiggestellt wurde, während der Nord- und Ostteil lediglich die Seiten, nicht jedoch die Ecken umschließt. Insgesamt

sein zu sehen sind, ist das Interesse an dieser Wallanlage in jüngerer Zeit weitgehend erlahmt.

Dabei ging zu Beginn der Forschung ein Reiz von dieser Anlage aus, der sich vor allem aus der Unkenntnis die Entstehungszeit des »Neuen Schlosses« betreffend herleiten läßt. C.F. Riecke – ein in Nordhausen tätiger Arzt mit historischen Ambitionen, vor allem die Kelten betreffend – beschrieb als erster das »Neue Schloss« und fand sie einer römischen Schanze am ähnlichsten, was ebenso wie andere Hinweise auf einen keltischen Ursprung deutet (Riecke 1868, 53 f.).

Im Rahmen einer großen Darstellung verschiedener Denkmale der Provinz Sachsen wurde 1893 erstmals das »Neue Schloss« umfassend beschrieben und zugleich interpretiert. Hermann Grössler schreibt dazu: »Trotz seines Namens ist es (»Das Neue Schloss« - Anm. Verf.) keineswegs sehr jung, denn bereits im Jahre 1565 wird <das neue Schloss bei Braunschwende> in einer mansfeldischen Holzteilung erwähnt« (Grössler/Brinkmann 1893, 21). Leider gibt Grössler die genaue Quelle nicht an, so daß diese bisher keine Überprüfung erfahren hat. Auf einer alten Karte von 1520, die in Dresden liegen soll, sei das »Neue Schloss« ebenfalls verzeichnet, jedoch unter dem Namen »altes Schloß«, woraus sich ein noch höheres Alter herleiten ließe. Auch hier fehlt die Quellenangabe, so daß – auch im Hinblick auf den Namen – ein Zusammenhang zumindest bezweifelt werden muß. Und schließlich berichtete Grössler zufolge ein alter Mann 1840, daß ein Graf Riddag die Burg erbaut haben soll. Diesen bringt Grössler in Verbindung mit dem »letzten Grafen des Schwabengaus, Riddag, ... , der gegen Ende des zehnten Jahrhunderts lebte« (Grössler/Brinkmann 1893, 22) und datiert damit die Wallanlage vorsichtig.



Abb. 3 Das »Neue Schloss bei Braunschwende«, Ldkr. Mansfelder Land, von Südwesten.



Abb. 4 Das »Neue Schloss bei Braunschwend«, Ldkr. Mansfelder Land, Südwestecke des inneren Befestigungsgrabens, z. T. ganzjährig mit Wasser gefüllt.

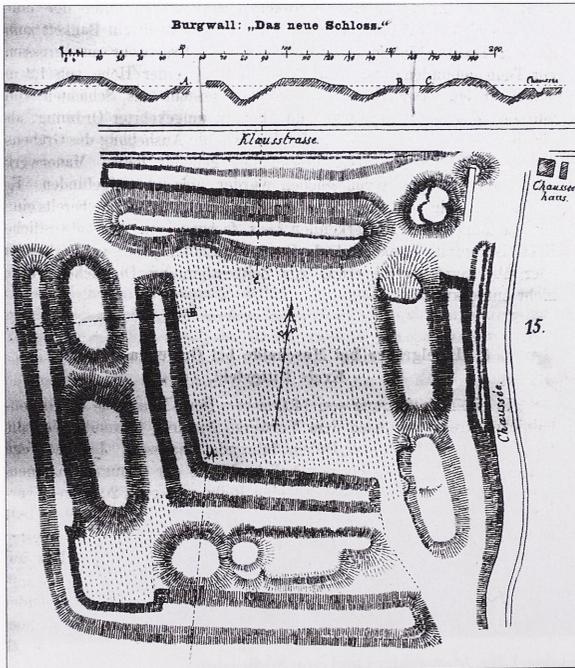


Abb. 5 Das »Neue Schloss bei Braunschwend«, Ldkr. Mansfelder Land. Aufgenommen 1891.

Bereits ein Jahr später (1894) veröffentlichte J. Schmidt die Ergebnisse seiner Untersuchung. Schmidt hatte bereits 1891 das »Neue Schloss« vermessen und einige »Nachgrabungen« durchgeführt, um »festzustellen, ob auch die Burgwälle am Südharz irgendwelche bemerkenswerten Altertümer enthielten (Schmidt 1894, 24).« Zugleich lieferte Schmidt eine annähernd zeitliche Einordnung der Wallanlage. Nach Angaben von Anwohnern aus der Umgebung habe hier »ein Edelmann ... ein Schloss bauen wollen, und freilich sehr unpraktischer Weise, mit der Aushebung der Gräben und Aufschüttung der Wälle, den Anfang dazu gemacht. ... Der Bau des Schlosses sei aber, nach Einigen durch den Bauernkrieg, nach Anderen durch den dreissigjährigen Krieg verhindert worden« (Schmidt 1894, 24).

Die Nachgrabungen Schmidts erbrachten dahingehend lediglich einige Aussagen zum geologischen Aufbau des Untergrundes, der aus Grauwacke und einer aufliegenden Tonschicht bestehen soll. Weiterhin hatte sich im nördlichen Wall unter der Rasendecke »ein Bankett zum grossen Theile erhalten, über welchem eine Brustwehr aus großen in Thon gebundenen Grauwackeschollen zu einer Höhe von 1,2 m aufgebaut ist« (Schmidt 1894, 26). Detailliertere Angaben oder eine genauere Dokumentation liefert Schmidt dazu nicht. Ebenso können heute keine Hinweise darauf im Gelände beobachtet werden. Schmidt erkennt weiterhin »eine gewisse Regelmäßigkeit« und daß die südwestliche Ecke »annähernd als Bastion gestaltet« ist (Schmidt 1894, 26). Leider gibt Schmidt keine Angaben zur Technologie seiner Aufmessung. Insgesamt aber scheint Schmidt die Wallanlage sehr genau bearbeitet zu haben, da ihm auch Details nicht verborgen geblieben sind (Abb. 5).

Im selben Jahr (1894) beschreibt Carl Schuchhardt das »Neue Schloss« im Zusammenhang mit einer niedersächsischen Befestigung (dem Sensenstein), mit deren Grundriß und Wällen das »Neue Schloss« große Ähnlichkeit haben soll. Der Sensenstein wird von Schuchhardt um das Jahr 1373 datiert (Schuchhardt 1894, 32).

1906 beschreibt Hermann Schotte in seiner »Rammelburger Chronik« das »Neuschloß« als »großes Rätsel des Amtes«. Demnach »könnte es ein ... Etappenlager der Karolinger« gewesen sein »da der bereits 1533 bezeugte, und dem Deutschen nach Lage der Sache nicht zu erklärende Name früher wohl niaslos oder nislos gelautet haben wird⁷.« Leider wird auch hier die betreffende Quelle nicht näher benannt, so daß die Authentizität zumindest bezweifelt werden muß.

Zur selben Zeit (1906/07) entdeckt ein Herr Mück, der bezüglich der Geschichte des Mansfelder Bergbaus forschte, im Haus-, Hof- und Staatsarchiv zu Wien einen Großteil der bis dahin verschollen geglaubten Teile der »Mansfeldischen Chronik des Cyriacum Spangenberg von 1572« (Spangenberg 1572, Vorwort VI). Auszüge daraus erhellten das »Rätsel um das Neue Schloß« ganz erheblich, so daß H. Schotte bereits 1907 im »Nachtrag zur Rammelburger Chronik« folgendes Zitat zum »Neuen Schloss« anmerken konnte: »...obwohl kein Gebäude allda zu sehen, so heißt doch derselbige Platz also daher, weil Herr Albrecht v. Mansfeld in Willens gewesen, dahin ein Schloß zu bauen, auch allbereit die Gräben aufgeworfen, Gewölbe und Keller verfertigt und einen Wall darüber

7 Schotte 1906, 124 f. Nach Schotte bedeutet niadh-lios = starkes, festes Gehege.

geschüttet. Aber als solches die Fürsten von Anhalt und andere Nachbarn inne worden, haben sie bei dem Reiche Inhibition eingebracht, daß der Graf des Orts eine Festung zu bauen, nicht fortfahren dürfe« (Schotte 1907, 161; Spangenberg 1572 [b], 204).

Ebenso erfolgte die eindeutige lagemäßige Zuordnung der Quelle mit dem im Gelände befindlichen Erdwall. Auf der der Mansfeldischen Chronik beigelegten »Karte der Grafschaft Mansfeld von 1571« ist in Festungssignatur ein »Neu[New?]schloss« eingezeichnet (Abb. 6).

1909 wird die Anlage lediglich angeführt, ohne sie einer näheren Bewertung zu unterziehen (Götze/Höfer/Zschesche 1909, 45).

Sämtlichen bis dahin gewonnenen Wissensstand ignorierend und wohl auch im Zusammenhang mit dem zu dieser Zeit – vor allem auch in der Geschichtswissenschaft – erstarkenden Nationalbewußtsein, schreibt Paul Grimm 1930: »Die Franken, die nach dem Sturz des Thüringer Reiches den Südteil bekamen, brachten eine andere Bautechnik mit, nämlich die Anwendung von rechteckigen Grundrissen. Während bisher die Burganlage völlig den natürlichen Bedingungen angepaßt war, setzten sich die Viereckschanzen über die natürlichen Bedingungen hinweg. Ein gutes Beispiel bildet das neue Schloß bei Braunschwende an der Klausstraße, eine gewaltige rechteckige Anlage, zum Teil mit doppeltem Wall. Sie liegt mitten auf der Hochfläche und ist von allen Seiten leicht zugänglich. Leider war eine genaue Bestimmung der Entstehungszeit bisher unmöglich« (Grimm 1930, 121 f.). Er datiert die Wallanlage damit vorsichtig in das 8./9. Jh.

Im gleichen Zusammenhang schreibt Hans Silberborth in seiner »Geschichte des Helmegeaus« 1940: »Interessanter und für die Geschichte unserer Landschaft bedeutungsvoller ... sind die Viereckburgen am Südharzrande. Die für unsere Landschaft in Betracht kommenden Wallanlagen dieser Art müssen ... sämtliche fränkischen Ursprungs sein. Es sind, das Neue Schloß bei Braunschwende...« und auf der folgenden Seite: »Am besten erhalten ist das sogenannte Neue Schloß bei Braunschwende, das noch heute eine gleichmäßige viereckige Schanzanlage ähnlich der eines römischen Lagers aufweist. Doch nicht nur der Grundriß, sondern auch die Namensgebung und die Lage innerhalb der Landschaft läßt die Vermutung zur Gewißheit werden, daß es sich bei diesen Castra um fränkische Befestigungen aus der Zeit zwischen 740–780, wahrscheinlich sogar zwischen 743 und 748 handelt« (Silberborth 1940, 58 f.).

Nach der Beendigung des 2. Weltkrieges spielten diese Ansätze keine Rolle mehr und 1958 verwies Paul Grimm darauf, daß »das Rätsel der Entstehungszeit dieser gewaltigen Anlage ... durch die Auffindung des Bandes 4 der Mansfelder Chronika gelöst ...« (Grimm 1958, 237) ist.

Nahezu erschöpfend beschreibt schließlich Friedrich Stolberg (1968) das »Neue Schloss bei Braunschwende«, wobei sowohl der historische Bezug nach Schmidt (1894) als auch der nach der Spangenbergischen Chronik aufgeführt wird. Daraus leitet Stolberg sogleich den historischen Kontext her und schreibt: »Als Bauherrn handelt es sich um den Grafen Albrecht von Mansfeld-Hinterort, der vermutlich im Zuge seiner 1546 erfolgten Besitzergreifung der ganzen Grafschaft dieses Werk zur Festigung seiner Macht aufzurichten wollte. Baumeister vielleicht der magdeburgische Festungsbaumeister Christoph Stieler« (Stolberg 1968, 262), ohne dies näher auszuführen.



Abb. 6 Mansfeldici - Karte der Grafschaft Mansfeld (Ausschnitt) von Johann Mellinger, Halle 1571 (Nachdruck), mit einem »Neuschloss« (Newschloss?) bei Braunschwege.

Damit scheinen alle Fragen, das »Neue Schloss« betreffend, geklärt zu sein, so daß in späteren Publikationen die Anlage lediglich im Zusammenhang genannt wird, ohne sie einer näheren Betrachtung zu unterziehen (vgl. Neuß 1982, 55; Neuß 1995, 314).

Tatsächlich kann der Ansatz Stolbergs als gerechtfertigt gelten, da das »Neue Schloss« im Herrschaftsbereich Graf Albrechts VII. von Mansfeld-Hinterort (1480–1560) gelegen war, und dieser auch an das Fürstentum Anhalt angrenzte. Auch Albrechts Bestrebungen, seinen Herrschaftsbereich im Spiegel der Ereignisse dieser Zeit zu sichern, sind überliefert. Ob dies zur umfassenden Beleuchtung des »Neuen Schlosses« ausreicht und ob damit alle Problemstellungen das »Neue Schloss« betreffend hinreichend Erklärung gefunden haben, bleibt offen.

Besonderheit des Meßobjektes und Begründung der Auswahl

Ausgehend von der vorangegangenen Beschreibung des Meßobjektes »Das Neue Schloss bei Braunschwege« ergaben sich folgende Bearbeitungsschwerpunkte.

1. Die archäologisch-historische Bearbeitung neuzeitlicher Bodendenkmale hat bisher innerhalb der Archäologie keinen hohen Stellenwert, da allgemein davon ausgegangen wird, daß Denkmalobjekte aus dieser Zeit hinlänglich durch Schriftquellen erforschbar sind. Nach Ansicht des Verf. kann eine Auseinandersetzung aus vermessungstechnischer und archäologischer Sicht weiterführende Beiträge zur Erforschung und Dokumentation neuzeitlicher Denkmale liefern, die so durch vorhandene Schriftquellen nicht faßbar gewesen wären.
2. Das »Neue Schloss bei Braunschwende« eignet sich im besonderem Maße zur Bearbeitung einer frühneuzeitlichen Befestigung, da es sich hierbei vermutlich um einen geplanten Neubau handelt, der damit allen zur damaligen Zeit bekannten Erfordernissen entspricht. Dies ist insofern selten, da in Mitteldeutschland die Mehrheit der frühneuzeitlichen Befestigungsanlagen durch Umbau älterer Burgen entstanden sind und somit Kompromisse bezüglich ihrer Ausführung aufweisen.
3. Insbesondere die Tatsache, daß das »Neue Schloss« nie fertiggestellt wurde, beinhaltet Aussagen zur Bauplanung und Bauausführung, die so bei fertiggestellten Anlagen nicht möglich wären. So sind durch die nicht erfolgte Fertigstellung keine späteren Ergänzungen hinzugekommen, die das ursprüngliche Bild verwischt hätten. Dies ist bei anderen Festungen der Fall, die bis in das 19. Jh. in militärischer Nutzung gewesen sind.

Damit repräsentiert das »Neue Schloss« – gewissermaßen von allen vorangegangenen und nachfolgenden Einflüssen losgelöst – einen genau eingegrenzten Entwicklungsstand der Befestigungsbautechnik.

Aus der Sicht der Vermessung waren demnach folgende Schwerpunkte zu benennen:

1. Die Ausdehnung sowie die Dimension der Wälle, Gräben und des Kernwerkes waren detailliert zu bestimmen.
2. Die Aufnahme 1894 von J. Schmidt war in ihrer Authentizität zu überprüfen, wobei besonderes Augenmerk auf die Südwestecke (Eckbastion) und auf den Bereich des sog. »Banketts« zu richten ist, da hier Aussagen zur Befestigungstechnik und damit zur Entstehungszeit möglich wären (Abb. 5).
3. Eine zeitgemäße kartographische Darstellung der Anlage sowie eine visuell ansprechende Präsentation soll – ebenso wie die Beleuchtung des historischen Umfeldes – Grundlage für die weitere wissenschaftliche, populärwissenschaftliche und tourismusfördernde Präsentation und Publikation sein.

Zusammenfassend sollte in diesem Rahmen versucht werden, den derzeit aktuellen Beitrag der Vermessung zur Erforschung, zur Dokumentation und zur Präsentation eines archäologischen Denkmals – am Beispiel einer neuzeitlichen Festungsanlage – aufzuzeigen.

Historisches Umfeld - die Grafschaft Mansfeld und die Grafen von Mansfeld

Cyriacus Spangenberg hat in seiner Mansfeldischen Chronik aus dem Jahre 1572 »davon Bericht getan, in welchem Teil der Welt: nämlich in Europa, und in welchem Reich:

nämlich in Germanien oder Deutschland, auch in welcher Nation: nämlich in Sachsen, und eben in den Obersächsischen Kreis, am Sächsischen Harz nach morgenwärts diese Graveschaft gelegen« (Spangenberg 1572, 13). Auch gibt er an dieser Stelle einen Überblick über die Ausdehnung der Grafschaft. Demnach »würde einer also Fuß für Fuß gehen ... gerne bei 30 gemeiner deutschen Meilen gegangen haben. Und hatte auch ein solcher zugleich alsdann umgangen samt der alten Graveschaft Mansfeld folgende Herrschaften und Ämter, nämlich: die Herrschaft Seeburg und Schraplau, Allstett, die Pfalzstadt zu Sachsen, die Edle Herrschaft Heldrungen, die Ämter Bockstett und Artern und die Herrschaften Bornstett und Morungen, die Graveschaften Wippra und Arnstein und die Herrschaften Friedeberg, Hedersleben und Polleben, das Amt Rotenburg und einen guten Teil der Graveschaft Wethyn« (Spangenberg 1572, 16).

Das Gebiet der Mansfelder Grafschaft umfaßt somit, am Ostende des Harzes gelegen, den Nordteil des ehemals zum fränkischen Stützpunkt der Königsmacht gebildeten Hasse- oder Hessengau, auch Hosgau. Seit 780 sind hier fränkische Grafen nachweisbar.

Gegen Ende des 10. Jh. zerfiel der Hasegau in zwei Teile. Der nördliche Teil wurde den Grafen von Wettin als Lehen zugesprochen. Diese verloren 1069 ihre Gebiete westlich der Saale infolge einer Streitigkeit mit König Heinrich IV. Diese Gebiete wurden nun den Grafen von Mansfeld verliehen (Schmidt 1927, 31). Es handelte sich dabei um die Ämter Mansfeld, Eisleben, Friedeburg, Salzmünde und Seeburg. Alle weiteren Gebiete kamen erst später hinzu: Bornstett (1301), Allstett (1323), Schraplau (1335), Arnstein (1387), Morungen (1408), Rammelburg (1440), Artern (1449), Heldrungen (1484), Rothenburg (1527) und Sittichenbach (1539) (vgl. Seidel 1998, 3).

Modern-geographisch umfaßte die Grafschaft Mansfeld zum Zeitpunkt ihrer größten Ausdehnung die heutigen Kreise Eisleben, Hettstett, Querfurt und Sangerhausen. Dabei sind diese Gebiete »nicht durch Heirat darzu gebracht ... (wie gemeinlich in anderen Geschlechtern geschehen), sondern die Graven haben die um ihr eigen Geld gekauft«, schreibt Spangenberg in seiner Chronik und verweist damit auf einen wesentlichen, das Mansfelder Gebiet betreffenden Aspekt (Spangenberg 1572 [a], 17). Vor allem die reichen Kupfer- und Silbervorkommen im Bereich Mansfeld, Hettstett und Sangerhausen und der spätestens im 12. Jh. einsetzende Bergbau in dieser Region beförderten im besonderen Maße die Bedeutung und den Reichtum des Mansfelder Grafengeschlechts.

Seit wann das Geschlecht der Mansfelder Grafen existierte und aus welchen Ursprüngen es hervorgegangen ist, liegt dabei ebenso im Dunkel der Geschichte verborgen wie die Entstehungszeit ihrer namengebenden Stammburg in Mansfeld.

Die älteste Nennung des Namens »Mannesfeld« erfolgte 973 in einer Tauschurkunde (Schmidt 1927, 31; Roch 1966, 10).

Nach einer Reihe von Nennungen bezüglich verschiedener Grafen oder Herren von Mansfeld in Urkunden der nachfolgenden Zeit dokumentiert 1115 ein Graf Hoyer von Mansfeld die Bedeutung, welche die Mansfelder zu dieser Zeit bereits im Reich erlangt haben müssen. Dieser Graf Hoyer führt in der Schlacht am Welfesholz das königliche Heer gegen die aufständischen Sachsen und fand in diesem Zusammenhang den Tod (Grössler/Brinkmann 1893, XXX; Schmidt 1927, 32; Roch 1966, 11; Seidel 1998, 7).

Der Urenkel Hoyers – Burchard I. – war dann der letzte seines Stammes. Durch die Heirat seiner beiden Töchter mit den Burggrafen Burchard von Querfurt und Hermann von Neuenburg und infolge seines Todes ohne männliche Nachkommen ging die Graf-

schaft Mansfeld und der Mansfelder Grafentitel zunächst an die Neuenburger Linie, von der es 1264 Burchard III. von Querfurt für die Querfurter Linie erwirbt. Nunmehr nennen sich die Querfurter: Grafen von Mansfeld und begründen letztlich die eigentliche Mansfelder Dynastie, die endgültig erst 1780 erlosch.

Im Jahre 1267 erreicht dieser Burchard III. die Befreiung der Burg Mansfeld von der Halberstädter Lehenshoheit, wodurch die Grafen von Mansfeld reichsunmittelbar wurden (Schmidt 1927, 44 f.; Roch 1966, 12). Letztlich war damit die Grundlage für den stetigen Machtzuwachs und den Ausbau des Territoriums geschaffen. Wirtschaftlich und finanziell nahm der Aufstieg der Mansfelder seinen Ausgang im Jahre 1364, als Kaiser Karl IV. die Mansfelder Grafen mit der höheren Gerichtsbarkeit und vor allem mit dem Bergregal (als Reichslehen) belieh (Schmidt 1927, 45; Roch 1966, 13).

Im 15. Jh. und ganz besonders im 16. Jh. gerieten die Mansfelder Grafen zunehmend in Schwierigkeiten. Ursache dafür war vor allem die durch Kinderreichtum und ständige Erbteilung herbeigeführte Zersplitterung der Grafschaft. Bereits 1420 teilte sich das Grafengeschlecht in drei Linien, wurde jedoch durch das Aussterben zweier Linien – 1492 und 1499 – wieder vereint. Im Jahre 1475 entstand die Vorderortsche und die Hinterortsche Linie, benannt nach den Standorten der zugehörigen Schloßbauten (Schloß Vorderort und Schloß Hinterort) innerhalb der Burg Mansfeld. Burg und Besitz waren damit zweigeteilt.

Bedingt durch den erhöhten Finanzbedarf für die vermehrte Hofführung und die damit notwendige Bautätigkeit gerieten die Grafen von Mansfeld zunehmend auch in finanzielle Bedrängnis. Das Bestreben der deutschen Reichsfürsten nach dem Ausbau ihrer territorialen Macht und nicht zuletzt die Einkünfte aus dem Mansfelder Bergbau führten zu erheblichen Mediatisierungsbestrebungen seitens der Herzöge von Sachsen. Diese hatten 1484 teilweise damit Erfolg, als die Mansfelder ihre Oberhoheit über die Bergwerke zusammen mit dem Amt Morungen an die Herzöge von Sachsen abtreten mußten (Spangenberg 1572, 182 f.).

1501 erfolgte eine neuerliche Erbteilung und die damit verbundene Aufteilung der Grafschaft in fünf voneinander unabhängige Herrschaftsbereiche. Die Grafschaft wurde nun zu je einem Fünftel von drei Vorderortschen Linien (Graf Günther IV., Graf Ernst II. und Graf Hoyer VI.), einer Mittelortschen Linie (Graf Gebhard VII.) und einer Hinterortschen Linie (Graf Albrecht VII.) beherrscht. Lediglich die Bergwerke, die Jagd, die Fischerei und die Städte Eisleben, Hettstedt und Mansfeld blieben ungeteilt. Im Jahre 1511 kam zu den zwei Schlössern auf der Mansfelder Burg noch ein Drittes hinzu, welches Albrecht VII. von Mansfeld-Hinterort als seinen Wohnsitz erbauen ließ.

Als die vorderortschen Grafen Günther IV. und Hoyer VI. kinderlos verstarben, verwaltete Ernst II. zunächst wieder den gesamten Vorderortschen Besitz, teilte diesen jedoch 1563 nun sogar in sechs Linien (Bornstedt, Eisleben, Friedeburg, Arnstein, Artern und Heldringen) unter seinen 22 Kindern auf (Seidel 1998, 10 f.).

Fortwährenden Uneinigkeit unter den einzelnen Linien sowie eine exzessive Lebensart, eine unkontrollierte Bauwut sowie Kriege und Inflation führten seit der zweiten Hälfte des 16. Jh. zum endgültigen Untergang der Mansfelder. So gerieten zumindest Teile der sechs Vorderortschen Linien in erhebliche finanzielle Schwierigkeiten, die zudem noch durch die Krise der Kupferindustrie und die somit reduzierten Einkünfte aus den Mansfelder Bergwerken befördert wurden. In diesem Zusammenhang führten

auch die Mediatisierungsbestrebungen Sachsens zum endgültigen Erfolg. 1570 wurden Teile der Grafschaft Mansfeld wegen 2,75 Millionen Gulden Schulden in die Zwangsverwaltung (Sequestration) überführt. Die sechs Grafen von Vorderort erklärten, »daß sie sämtliche Güter und Berkwerke mit deren Verwaltung, Regierung, Jurisdiktion, Zwang, Botmäßigkeit, Dienst, Steuer, Folge in die Hände von Chursachsen, Magdeburg und Halberstadt übergeben und für sich nur die Schlösser Mansfeld, Leinbach, Artern, Bornstedt, Arnstein, Friedeburg, Eisleben nebst den dabei befindlichen Gärten, der Jagd und Fischerei behalten« (Krumhaar 1855, 319). Die Vorderortschen Grafen hörten praktisch auf zu regieren und die Verwaltung ging an die drei betreffenden Lehensherren (Herzogtum Sachsen sowie die Stifte Halberstadt und Magdeburg) über.

Die Grafschaft Mansfeld hörte am Ende des 16. Jh. auf, ein eigenständiges Land zu sein. Durch Tausch erwarb Kursachsen 1573 und 1579 die Halberstädter und Teile der Magdeburger Anteile, so daß nun drei Teile der Grafschaft zu Kursachsen und zwei Teile zu Preußen gehörten. 1815 erhielt Preußen auch die sächsischen Anteile (Roch 1966, 17).

Die Geschichte der Grafen von Mansfeld, als Privatleute und zum Teil in öffentlichen Ämtern, währte noch bis 1780, als der letzte männliche Nachkomme aus dem Hause Mansfeld verstarb.

Graf Albrecht VII. von Mansfeld-Hinterort⁸ (Abb. 7)

Den Ausgangspunkt für die eingehendere Betrachtung des Grafen Albrecht VII. von Mansfeld-Hinterort bildet die Spangenbergische Überlieferung bezüglich des »Neuen Schlosses bei Braunschwende«. Demnach hat der Graf Albrecht das »Neue Schloss« bauen wollen, mußte dies jedoch aufgrund des Protestes der benachbarten Fürsten beim Kaiser aufgeben. Welcher Albrecht dabei gemeint ist und zu welcher Zeit der Bau erfolgen sollte, geht aus der Spangenbergischen Chronik nicht hervor.

Fest steht dahingegen, daß die Grafen Volrad, Günther und Gebhard von Mansfeld das Amt Rammelburg – zu dem der Bereich des »Neuen Schlosses« gehörte – 1440 vom Erzbistum Magdeburg als Lehen erhalten haben (Grössler/Brinkmann 1893, 195). Graf Albrecht VII. erhielt – als Begründer der Hinterortschen Linie – das Amt Rammelburg bei der Erbteilung 1501 und fügte diesem bald darauf die von Vorderort eingetauschte Freiherrschaft Wippra hinzu (Grössler/Brinkmann 1893, 195). Bereits 1602 verkaufte Graf David von Mansfeld das Amt Rammelburg an Kaspar von Berlepsch (Grössler/Brinkmann 1893, 196). Albrecht VII. war demnach der einzige Graf namens Albrecht, der mit dem Neuen Schloss in Beziehung gestanden hat. Durch die nähere Betrachtung der Lebensumstände Albrechts und der Entwicklung der Festungsbaukunst zur Zeit Albrechts kann das Datum des Baubeginns des »Neuen Schlosses« weiter eingegrenzt werden.

8 Die Bezeichnung Albrechts ist in der Literatur widersprüchlich. Während ein Teil der Literatur Albrecht als den IV. bezeichnet und damit lediglich die tatsächlichen regierenden Mansfelder Grafen mit dem Namen Albrecht zählt (so bei Grössler 1885; Grössler/Sommer 1882; Grössler/Brinkmann 1893; Roch 1966 sowie Kathe 1993), folgen einige Publikationen der zeitgenös-

sichen Zählung, die alle Mansfelder Grafen mit Namen Albrecht aufführt. Die sich daraus ergebende Zahl VII findet sich auch auf dem Grabstein Albrechts (Abb. 7; sowie Krumhaar 1855; Grote 1877; Wilberg 1906; Seidel 1998). In der hier vorgelegten Arbeit wird Albrecht als der VII. bezeichnet.

Graf Albrecht wurde 1480 als vierter Sohn des Grafen Ernst I. in Leipzig geboren, wo er auch eine universitäre Ausbildung erhielt. Detaillierte Angaben über die frühen Jahre Albrechts sind nicht bekannt. Erst 1500 trat Albrecht in das historische Bewußtsein, als er die Neustadt Eislebens, als Wohnstatt der Bergleute, zu bauen begann. Dies war zugleich auch der Beginn fortwährender Streitigkeiten sowohl mit der Eislebener Bürgerschaft, die keine zweite Stadt unmittelbar vor ihren Toren zu dulden bereit war, als auch mit den Vorderortschen und Mittelortschen Grafen zu Mansfeld, die um ihre gemeinsamen Einkünfte an der Stadt Eisleben fürchteten.

Infolge der Erteilung von 1501 und als Begründer einer eigenen Linie (Hinterort) versuchte Albrecht im selben Jahr ein eigenes Schloß auf der Burg Mansfeld zu bauen. Der darum entbrannte Streit konnte erst 1511 beigelegt werden. Nachdem Albrecht seinem Bruder seinen Anteil am Mittelort überlassen hatte, erhielt er die Erlaubnis neben den bereits bestehenden Schlössern Vorder- und Hinterort ein weiteres Schloß inner-



Abb. 7 Grabstein Graf Albrecht VII. von Mansfeld-Hinterort in der Mansfelder Schloßkirche.

halb der Burg Mansfeld zu errichten. Dieses trug nun den Namen Hinterort, während das alte Schloß Hinterort fortan Mittelort hieß. Bald darauf begann Albrecht dann mit dem Bau seiner vierflügeligen Schloßanlage, die als frühes Beispiel für Renaissance-schloßarchitektur in Mitteldeutschland gelten darf (Roch 1966, 16). In diesem Zusammenhang wurden auch die Festungsanlagen der Burg Mansfeld sowie die Schlösser Vorderort und Mittelort umgebaut.

In der Folgezeit trat Albrecht zunehmend im Zusammenhang mit Luthers Reformation auf. Die Hinneigung Albrechts zur Sache der Reformation wird allgemein auf das persönliche Einwirken Luthers zurückgeführt. Bereits 1516 hatte Luther das von Albrecht in der Eislebener Neustadt gegründete Sankt Annenkloster besucht (Grössler 1885, 367; Seidel 1998, 187). Infolge der persönlichen Kontakte warnte Albrecht Luther vor der Reise zu einem Verhör nach Augsburg (1518) und auf der Rückreise nach Wittenberg »erwischt ihn ... Graf Albrecht zu Gräfenthal, lachte über seine Reiterei (ohne alle reitemäßige Ausrüstung) und lud ihn bei sich zu Gaste« (Grössler 1885, 367). Bereits 1519 bekannte sich Albrecht zusammen mit seinem Bruder Gebhard von Mittelort offen zur Sache Luthers, so daß teilweise die Reformation in der Grafschaft Mansfeld eingeführt wurde.

Die folgenden Jahre waren für Albrecht –als Anhänger der Reformation– von den sich verschärfenden Glaubensgegensätzen im Reich geprägt. Vor allem die Folgen des Wormser Ediktes von 1521, wonach Luther und seine Anhänger der Reichsacht verfielen, führten zur Verschärfung der Konflikte zwischen den reformierten Reichsfürsten und dem Kaiser mit seinen katholischen Verbündeten. 1526 trat Albrecht VII. zusammen mit seinem Bruder Gebhard von Mittelort dem Verteidigungsbündnis zwischen Kurfürst Johann von Sachsen und dem Landgraf Philipp von Hessen bei (Seidel 1998, 194f.).

Die Bedeutung, die Albrecht im Glaubenskonflikt innehatte, manifestiert sich auch durch die 1526 auf dem Reichstag zu Speyer geplante Entsendung Albrechts zum Kaiser nach Spanien. Dort sollte er im Namen der evangelischen Reichsfürsten und Reichsstände die Aufhebung des Wormser Ediktes erwirken (Seidel 1998, 195).

Mit dem Erstarken der kaiserlichen Macht im Zusammenhang mit der zeitweisen Aussetzung der Türkenfrage wurde die Lage der evangelischen Fürsten immer bedrohlicher. Diese sahen sich im Frühjahr 1531 zu Schmalkalden in Thüringen dazu gezwungen, ein umfassendes Verteidigungs- und Trutzbündnis zu bilden. Neben den Grafen Albrecht und Gebhard gehörten diesem Bündnis der Kurfürst von Sachsen, der Landgraf von Hessen, die Fürsten von Anhalt und Lüneburg sowie mehrere freie Reichsstädte an.

Die religiösen Streitigkeiten übertrugen sich auch auf die in ihrer Konfession geteilte Grafschaft Mansfeld und die zum Teil evangelischen und zum Teil katholischen Grafen von Mansfeld. Neben der Einführung der Reformation in der Grafschaft und der Burg Mansfeld waren vor allem die gemeinsamen Einkünfte aus den Berkwerken und Ortschaften ein ständiger Konfliktherd zwischen den Grafen von Mansfeld. So berichtet die Eislebener Stadtchronik: »Anno dni 1534 freitag nach Matthei apost, des 25. Septembris seyntt die wohlgebornen vnsre g. h. von Mansfeld, nehmllich Graff Jost von wegen seyns Vetern Graffen Gebharts an eynem vnd Graff Albrechtt anders teyls wider eynander zcu felde gezogen, eyn iglicher mit seyner ritterschafft und landtvolcke gerüstett« (Grössler/Sommer 1882, 12). Infolge eines Streites mit seinem Bruder Gebhard wurde Albrecht

1543 auf einer Geschäftsreise in Annaberg durch Moritz von Sachsen gefangen genommen. Dieser mußte ihn jedoch auf Befehl des Kaisers wieder frei lassen (Grössler 1885, 380).

Luther trat in diesem Zusammenhang mehrfach als Schlichter in Mansfeld auf. Auf einer dieser Reisen – am 18.02.1546 – verstarb Luther in Eisleben, nachdem er einen Streit zwischen den Grafen geschlichtet hatte. An seinem Totenbett waren Graf Albrecht sowie seine Gemahlin Anna persönlich anwesend (Seidel 1998, 202; Grössler 1885, 386).

Kurz nach Luthers Tod entbrannte in Deutschland der erste Glaubenskrieg, der Schmalkaldische Krieg, in den auch Albrecht VII. von Mansfeld verwickelt gewesen war. Albrecht stand – seiner Konfession treu bleibend – auf der Seite der Reformierten unter Kurfürst Johann Friedrich von Sachsen. Die vorderortschen Grafen von Mansfeld und selbst sein protestantischer Bruder Gebhard von Mittelort ergriffen die kaiserlich-katholische Partei und wurden damit zu Vollstreckern der Reichsacht gegen die Anhänger Luthers. Der Schmalkaldische Krieg endete am 24.04.1547 mit der Niederlage der protestantischen Fürsten bei Mühlberg in Sachsen. Infolge dessen wurde der im Niedersächsischen kämpfende Albrecht vom Kaiser geächtet und ebenso wie seine Söhne und Erben aller Regalien, Lehen, Habe und Güter entsetzt (Seidel 1998, 212).

Albrecht und seine Familie durfte erst 1552 aus der Verbannung zurückkehren, nachdem er zuerst versucht hatte, in Niedersachsen neue Güter zu erwerben und später maßgeblich bei der Verteidigung Magdeburgs – als letztes Bollwerk des evangelischen Glaubens – gegen die kaiserlichen Truppen beteiligt gewesen war. Erst als sich eine umfassende Fürstenopposition 1552 siegreich gegen den Kaiser und seine Machtbestrebungen richtete, wurde auch Albrecht begnadigt. Im Artikel 7 des Passauer Vertrages von 1552 ist ausdrücklich festgesetzt, »daß Albrecht von Mansfeld samt seinen Söhnen vom Kaiser wieder in Gnaden aufgenommen und ausgesöhnt sein sollte...« (Seidel 1998, 216). Albrecht kehrte zunächst auf sein Harzschloß Rammelburg zurück, um seine Güter und Lehen wieder in Besitz zu nehmen (Abb. 8).

Im Oktober 1553 verheerte Herzog Heinrich von Braunschweig – wegen früherer Mißhelligkeiten – Albrechts Gebiet. In diesem Zusammenhang wurde auch 1554 Albrechts Rammelburg belagert (Grössler/Brinkmann 1893, 196).

Das ist insofern wichtig, da die Rammelburg hier einer längeren Belagerung standgehalten hatte. Dies setzt voraus, daß Albrecht zuvor die Erweiterung der Festungswerke vorgenommen haben mußte. Da das »Neue Schloss bei Braunschwend« nur etwa 2 km von der Rammelburg entfernt liegt, erfolgte der Ausbau der Rammelburg und die Verstärkung der Befestigung vermutlich, nachdem der geplante Neubau eines Schlosses in dieser Region aufgegeben worden war (vgl. dazu Roch 1966, 153).

Erst 1555 gelang es Albrecht, durch Vermittlung seines Bruders und mit der Zahlung erheblicher Entschädigungssummen wieder in seinen Besitz zu kommen (Seidel 1998, 216).

Albrecht VII. von Mansfeld-Hinterort starb am 5. März 1560 auf der Neuen Hütte bei Saalfeld im Alter von 80 Jahren.



Abb. 8 Die Rammelburg, Ldkr. Mansfelder Land.

Festungsbau im 16. Jh.

Ein weiterer Aspekt, der im Zusammenhang mit dem »Neuen Schloss bei Braunschweide« Beachtung verdient, ist die eingehendere Betrachtung der Entwicklung in der Befestigungsarchitektur und hier insbesondere der Zeitraum des Übergangs von der mittelalterlichen Burg zur neuzeitlichen Festung. Dies gilt im besonderen Maße, da gerade in dieser Übergangszeit verschiedene wehrarchitektonische Besonderheiten auftreten, die, wenn sie an Befestigungen nachgewiesen werden können, Aufschluß über die genaue zeitliche Einordnung der Anlage geben könnten. Solche architektonischen Besonderheiten im Falle des »Neuen Schlosses« nachzuweisen und mit deren Hilfe die Erbauungszeit weiter eingrenzen zu können, war ein Ziel bei der Vermessung der Anlage.

Dabei sind gewisse Hinweise bereits früher im Zusammenhang mit dem »Neuen Schloss« beobachtet worden, die jedoch in ihrer Authentizität Bestätigung finden müssen. Fest steht jedoch, daß die Entstehungszeit des »Neuen Schlosses« etwa in der Mitte des 16. Jh. anzusetzen ist, also genau der Zeit, die von einer rasanten Entwicklung im Festungsbau geprägt war, wie nachfolgend dargestellt werden soll.

Eine gewaltige Zäsur im Befestigungsbau wird im 15. Jh. mit der Erfindung und militärischen Nutzung des Schießpulvers eingeleitet. Während bis dahin die Fortifikation ausschließlich mechanisch wirkenden Geräten standhalten mußte, traten nun völlig neue Zerstörungskräfte auf. Als historisch bedeutsamer Wendepunkt kann hier die Belagerung Konstantinopels 1453 gesehen werden, als die bis dahin als uneinnehmbar geltenden 12 m hohen und bis zu 5 m dicken Mauern von den Türken mit zum Teil mächtigen Kano-

nen sturmreif geschossen wurden. Die Antwort der Burgen- und Befestigungsbauer waren außerordentlich dicke Mauern aus relativ weichem Gestein sowie der verstärkte Einsatz von Rundtürmen, an denen die noch ungenau geschossenen Kugeln seitlich abprallen konnten.

Der Einsatz von Geschützen zur Verteidigung bedingte breite Plattformen, da die Geschütze auf schmalen Mauerkronen und Wehrgängen keinen Platz mehr fanden. Auch der schnelle, problemlose Transport von Geschütztechnik zu gefährdeten Bereichen war notwendig. Dies und die Notwendigkeit, den Angreifern möglichst wenig toten Winkel vor den Mauern zum Unterminieren derselben zu bieten, führte am Anfang des 16. Jh. konsequent zu weit vorgeschobenen Rundbastionen⁹.

Gegen Steilfeuer aus Mörsern mit sog. Mauerbrechern wurden unter den Bastionen Kasematten¹⁰ angelegt, die als Materiallager, Mannschaftsaufenthalt oder auch als Geschützstand genutzt werden konnten. Die entstandene breite Plattform wurde mit weichem Material (Erde) dick beschüttet, um die Wirkung steil auftreffender Geschosse abzufedern.

Erkenntnisse auf dem Gebiet der Balistik führten zu gezielteren Schußmöglichkeiten, so daß letztlich die Verteidigungsanlagen in ihrer Höhe reduziert, dafür jedoch weiter vorgeschoben werden mußten. Diese Notwendigkeit stieß vor allem beim Ausbau der mittelalterlichen Burgen schnell an ihre natürlichen Grenzen, so daß diese lediglich partiell um neue Wehrelemente ergänzt werden konnten. Nur bei vollständigen Festungsneubauten, die im flachen Gelände auf leicht ansteigender Höhe angelegt wurden, konnten die Entwicklungen in der Wehrarchitektur konsequent berücksichtigt werden.

Somit entstand in dieser von einer rasanten Entwicklung geprägten Übergangszeit (zwischen 1450 und 1550) ein völlig neuer Bautyp. Das sog. befestigte Schloß versuchte letztmalig, die neuen Erfordernisse der Wohn- und Repräsentationsarchitektur – in Form der Renaissanceschlösser – und der Wehrarchitektur, also flache, weit vorgelagerte Wälle und Bastionen, in sich zu vereinen.

Etwa um die Mitte des 16. Jh. erfüllten die Rundbastionen ihre Funktion nicht mehr in ausreichendem Maße. Offensichtlich war erkannt worden, daß auch Rundbastionen einen Raum unmittelbar vor ihrem Baukörper aufwiesen, der nicht oder nur schwer zu kontrollieren war und dem Angreifer damit einen toten Winkel und somit Schutz zum Unterminieren der Bastion gab. Die Beseitigung dieses toten Winkels führte zwangsläufig zu einer neuen geometrischen Bastionsform, der Eck- oder Pfeilbastion, deren Außenmauern vollständig vom Wall aus oder von den benachbarten Bastionen aus kontrolliert werden konnten. Diese Entwicklung vollzog sich jedoch nicht sprunghaft, sondern eher evolutionär, so daß vom mittelalterlichen Wehrbau ausgehend eine Vielzahl von Zwischenformen und Variationen letztendlich zu der zumindest zeitweise optimalen Form der Pfeilbastion führten.

9 Vgl. dazu die Befestigungslehre von A. Dürer, 1527. 10 Ital.: casa matta = blindes, fensterloses Haus.

Wo und wann zuerst ein Prototyp einer polygonalen Eckbastion auftaucht, ist bisher nicht festzustellen¹¹. Vor allem in Italien entstehen in der ersten Hälfte des 16. Jh. verschiedene Formen der polygonalen Befestigung. In Deutschland wendet man solche bastionären Systeme erst relativ spät an. Frühe Beispiele sind die Zitadellen Jülich (1549) und Spandau (1560) sowie das Schloß Senftenberg (1542–1544) oder die Dresdner Stadtbefestigung (1546–1555) (vgl. Neumann 1975; Neumann 1988; Papke 1993).

Weitere charakteristische Merkmale der zeittypischen Wehrarchitektur sind schräge oder zum Teil gekrümmte Toranlagen, die den direkten Beschuß des Tores verhindern sollten, sowie die räumliche Trennung des Schlosses vom eigentlichen Wehrbereich durch einen inneren Graben. Die Notwendigkeit diese Trennung resultierte auch aus der neuen Art der Kriegsführung. Hierbei wurden vornehmlich angeworbene Söldner eingesetzt, die beim Ausbleiben des Soldes höchst unzuverlässig waren. Der Schloßherr mußte sich innerhalb seiner eigenen Befestigung zusätzlich von u. U. meuternden Söldnern abgrenzen.

Gegen Ende des 16. Jh. führten immer neue Waffenentwicklungen schließlich zur völligen Trennung der beiden Bauformen. Einerseits erfüllten nun weitgehend unbefestigte Schlösser in ausgedehnten Parks die Wohn- und Repräsentationsaufgaben. Andererseits genügten gewaltige Festungsanlagen den militärischen Erfordernissen.

Im Zusammenhang mit dem »Neuen Schloss bei Braunschwende« ist genau diese Übergangszeit zwischen der mittelalterlichen Burg und dem fürstlichen Schloß berührt, so daß verschiedene Elemente der Wehrarchitektur erahnt und durch die Vermessung nachgewiesen werden sollten, um den zeitlichen Rahmen der Baumaßnahme weiter eingrenzen zu können. Beispielhaft sind an dieser Stelle die durch J. Schmidt 1894 ansatzweise dokumentierte Südwestbastion als Eckbastion, die Nordostbastion noch als Rundbastion, die schräge Unterbrechung im Westwall als ehemaliger Zugang, der innere Graben und das Kernwerk zur Aufnahme eines Schlosses sowie der Ansatz eines gedeckten Ganges am Nordwall vermessungstechnisch nachzuweisen und zu interpretieren gewesen (Abb. 5).

Allgemeine Vorbetrachtungen zur Vermessung der Anlage

Die Auswahl einer anzuwendenden Meßtechnologie für eine Vermessung ist in erheblichem Maße vom geforderten Endprodukt abhängig, wobei möglichst effektiv und kostengünstig die gestellten Anforderungen erfüllt werden sollten.

Bei der Vermessung obertägiger archäologischer Denkmale sind bisher die Vorstellungen der archäologischen Denkmalpflege weder in Bezug auf das Endprodukt noch im Hinblick auf die geforderte Genauigkeit klar benannt worden. Dies bedeutet, daß der jeweilig ausführende Vermesser eigene Ansätze zur Durchführung der Arbeit entwickeln mußte, was zu verschiedenen Ergebnissen geführt hat. Die entstandenen Arbei-

11 »Bastion ist ein im Grundriß pfeilspitzenförmiger Erdkörper, der meist in einen künstlich ausgehobenen oder vertieften Graben vorgeschoben wird, ohne daß er von der Umwallung gelöst wird. Seine beiden im charakteristischen Bastionswin-

kel in der Spitze zusammenlaufenden Abschnitte nennt man Facen oder Streichen. Die meist kürzeren Abschnitte, die zur Kurtine als dem Verbindungswall zwischen zwei Bastionen, weisen, nennt man Flanken«: Neumann 1988, 137.

ten sind zumindest was die archäologische Aufgabenstellung anbelangt in ihrer Qualität unterschiedlich zu bewerten (vgl. Heinze u.a. 1999; Thomä 1997). Lediglich in Süddeutschland und der Schweiz sind bisher Versuche unternommen worden, die Vermessung archäologischer Denkmale zu vereinheitlichen.

Aus Anlaß der Aufnahme des »Neuen Schlosses bei Braunschwende« sollte versucht werden, einen derzeit aktuellen Ansatz für die Durchführung dieser oder ähnlicher Arbeiten für Sachsen-Anhalt zu finden.

Die Aufgaben der archäologischen Denkmalpflege, oberirdische archäologische Denkmale zu schützen, zu erhalten und zu erforschen sowie die Ergebnisse ihrer Arbeit zu veröffentlichen, bedeutet bezüglich des Schutzes und der Erhaltung, daß Denkmale lagemäßig erfaßt und benannt werden müssen. Dabei wird zumeist die Umgebung der Denkmale mit »unter Schutz gestellt«, da zum einen die genaue Ausdehnung unbekannt ist und zum anderen die Wirkung des Denkmals in seiner Umgebung Berücksichtigung finden muß. Die vermessungstechnischen Ansprüche hinsichtlich der genauen Abgrenzung des betreffenden Areals, sind außerordentlich gering.

Die Vermessung archäologischer Denkmale zum Zweck der Dokumentation, Erforschung und Publikation erfordert eine sehr viel detailliertere und damit genauere Einmessung und Darstellung, da hier auch fragmentarisch im Gelände zu erahnende Details Aussagen zum Denkmal oder zur Denkmalgattung beinhalten können. Im allgemeinen werden archäologische Denkmale in Form kartographischer Darstellungen dokumentiert, archiviert oder auch für die weitere wissenschaftliche Bearbeitung publiziert. Auch zur populärwissenschaftlichen Publikation (zum Beispiel Denkmal- oder Wanderführer) trägt die Vermessung in Form kartographischer Darstellungen bei.

Die Möglichkeiten, die sich aus der Anwendung und Nutzung Geographischer Informationssysteme ergeben, werden innerhalb der Archäologie erst seit jüngster Zeit erkannt und sind bisher noch kein allgemeingültiger Standard. Trotzdem sollten neuere vermessungstechnische Aufnahmen archäologischer Denkmale auch diesen Anforderungen genügen. Letztlich ist jedoch auch hier eine kartographische Darstellung als Endziel anzusehen, da sowohl bei der Archivierung als auch bei der Publikation eine Karte als Informationsträger dient. Diese Karte des betreffenden Denkmals sollte dabei den Anforderungen an Karten entsprechen, also vor allem vollständig, geometrisch genau, aktuell, geographisch richtig und zweckmäßig gestaltet sein (Brunner u. a. 1978, 26).

Diese Aspekte sowie der eigentliche Karteninhalt sind im besonderem Maße vom Verwendungszweck der Karte (Archivierung oder Publikation) abhängig. Dieser wiederum übt Einfluß auf den Maßstab der Karte aus. Der Maßstab beeinflusst seinerseits die Genauigkeit und den Karteninhalt.

Bei der Darstellung archäologischer Denkmale oder Denkmalgruppen richtet sich der Maßstab vor allem nach der Größe des darzustellenden Gebietes. Dabei sollen sämtliche Details noch erkennbar, der Plan jedoch auch übersichtlich gestaltet sein. Spätere Verkleinerungen zum Zweck der Publikation sind zu berücksichtigen. Angestrebt wird der Maßstab 1:500 oder 1:1000, wobei die DIN-Papiergrößen A0 (841 mm x 1189 mm) oder besser A1 (594 mm x 841 mm) noch eine gewisse Übersichtlichkeit garantieren. Im Zusammenhang mit der Publikation erfolgt die Verkleinerung zumeist maßstabsfrei und orientiert sich am Publikationsformat oder am Satzspiegel des Publikationsorgans.

Für das »Neue Schloss« ergibt sich aus der topographischen Karte eine aufzunehmende Geländegröße von etwa 400 m x 400 m, wobei das eigentliche Schloß lediglich 200 m x 200 m groß ist und ein Teil des umliegenden Geländes zur Kennzeichnung der topographischen Lage im Gelände mit aufgenommen werden sollte. Diese Maße ermöglichen einen Maßstab von etwa 1:700 bei der DIN-Blattgröße A1 oder etwa 1:500 bei DIN A0. Für Publikationen ergibt sich ein Maßstab von etwa 1:1000 bis 1:2000.

Aus dem anzustrebenden Endprodukt, eine Karte des Denkmals mit einem Teil des umliegenden Geländes, kann die anzustrebende Genauigkeit abgeleitet werden. Die Genauigkeit einer Karte ist abhängig von:

- der Unsicherheit der Definition eines Punktes in der Natur,
- der Genauigkeit der Standpunktbestimmung und der Geländeaufnahme sowie von
- der Genauigkeit der Kartierung.

Ausgangspunkt ist die Lagegenauigkeit eines Kartenpunktes, die in etwa der Kartier- und Zeichengenauigkeit entspricht. Für diese gilt als Standardabweichung etwa $s = \pm 0,15$ mm (Hake/Grünreich 1994, 379).

Dies stimmt auch mit der Zeichengenauigkeit der im Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt verwendeten Plotter überein. Der Lagefehler in der Natur berechnet sich:

$$S_L = \pm 0,15 \text{ mm} * m_k / 1000 \text{ (m)}$$

(m_k = Maßstabszahl).

Für die kartographische Darstellung des »Neuen Schlosses« im Maßstab 1:700 ergibt sich damit ein Lagefehler von etwa $\pm 0,105$ m in der Natur. Bei der Verkleinerung des Maßstabes vergrößert sich dieser Wert noch.

Die Kartier- und Zeichengenauigkeit ist in diesem Zusammenhang jedoch nur ein theoretischer Wert. Maßgeblich erscheint eher die Möglichkeit der Punktidentifikation im Gelände sowie die Möglichkeit, Objekte auf der Karte noch eindeutig voneinander unterscheiden zu können.

Bei der Punktidentifikation im Gelände sind relativ eindeutig im Gelände zu identifizierende Punkte (Gebäude, Mauern, Fundamente) von lediglich das Gelände relief repräsentierenden Geländepunkten zu unterscheiden. Im ersten Fall liegt die Möglichkeit der Identifikation erfahrungsgemäß im Bereich 5 bis 10 cm, während bei Geländepunkten eine eindeutige Identifikation wohl nur im Bereich bis zu 50 cm erreicht werden kann.

Die Möglichkeit, kartographische Objekte noch eindeutig voneinander unterscheiden zu können, hängt vom Auflösungsvermögen der Augen des jeweiligen Betrachters ab. Später notwendige Verkleinerungen für Publikations- oder Präsentationszwecke gebieten jedoch, damit nicht bis an die Grenzen des Möglichen zu gehen. Bei einer Strichstärke eines Plotters von 0,25 mm erscheint ein Linienabstand von etwa 0,5 mm noch sinnvoll unterscheidbar zu sein. Bei einem Maßstab von 1:700 ergibt dies einen Wert von 0,35 m in der Natur. Dies entspricht auch in etwa der Möglichkeit der Punktidentifikation.

Der mögliche Lagefehler in der Natur in Bezug auf die kartographische Darstellung des »Neuen Schlosses« liegt demnach im Bereich zwischen 0,1 m und 0,35 m. Die Genauigkeitsvorgabe bezüglich eines möglichen Lagefehlers bei der Aufnahme eines beliebigen

gen topographischen Punktes bei der Vermessung des »Neuen Schlosses bei Braunschwende« wurde mit 0,2 m angenommen.

Eine maßgebliche Rolle bei der Vermessung und kartographischen Darstellung archäologischer Denkmale spielen die Höhenunterschiede des Geländereiefs. Obwohl in jüngster Zeit mehr und mehr digitale Geländemodelle zur Publikation und Präsentation archäologischer Denkmale Anwendung finden, stellen Höhenlinien nach wie vor die optimale Form der zweidimensionalen Darstellung des Geländereiefs in Form einer Karte oder eines Planes dar. Unter Höhenlinien oder auch Höhenkurven, Höhengschichtlinien, Isohypsen oder Isolinien versteht man dabei die Verbindungslinie benachbarter Geländepunkte gleicher Höhe über einer Bezugsfläche (Hake/Grünreich 1994, 381). Bei archäologischen Vermessungsplänen hat sich dabei die Bezeichnung »Höhenschichtlinie« oder »Höhenschichtlinienplan« eingebürgert.

Digitale Geländemodelle dienen eher der Visualisierung von wichtigen Details oder verschiedenen Ansichten. Auch erleichtern sie dem Betrachter die Interpretation der »Höhenschichtlinienpläne«. Unter Umständen können Detailstrukturen im Gelände, die mittels herkömmlicher Reliefdarstellung nicht deutlich genug hervortreten würden, unter Zuhilfenahme mathematisch-manipulierter digitaler Geländemodelle signifikanter visualisiert werden (vgl. u. a. Buthmann/Posluschny 1998 sowie Buthmann u. a. 1998).

Die Darstellung von Höhenlinienbildern als Orthogonalprojektion in der Kartenebene ist jedoch nach wie vor Standard bei der Dokumentation und Publikation archäologischer Denkmale. Die Höhengenaugigkeit kartographischer Darstellungen leitet sich demnach vorrangig aus dem Höhenlinienbild ab. Dieses sollte geometrisch genau, in geomorphologischer Hinsicht die Form richtig und charakteristisch wiedergeben (Hake/Grünreich 1994, 389).

Zur Ermittlung der Höhengenaugigkeit (mittlerer Höhenfehler) kann die Koppesche Formel herangezogen werden (Hake/Grünreich 1994, 389). Demnach beträgt der Höhenfehler beliebiger auf oder zwischen Höhenlinien liegender Punkte

$$m_H = \pm a + b(\tan\alpha).$$

a Fehlereinflüsse der Äquidistanzschwelle

$$a = Z/k$$

Z Schichthöhe oder Äquidistanzschwelle der angewendeten Höhenlinie

k Anzahl von k-Höhenlinien, die in einem Millimeterintervall auf der Karte nebeneinander liegen können

b Steigerungsmaß (Lagefehler der Höhenlinie)

$$b = 0,2 \text{ mm} * m_k / 1000 \text{ (m)}$$

α maximale Geländeneigung

$\alpha = 45^\circ$ (Beispiel »Neues Schloss«)

Der Betrag der Äquidistanz (Z) ist abhängig vom Maßstab der Karte und der maximalen Geländeneigung und muß demnach zuvor ermittelt werden.

$$Z_{\min} = \frac{m_k * \tan\alpha}{1000 * k}$$

Für das Beispiel des »Neuen Schlosses« folgte hieraus mit dem Maßstab 1:700, einer maximalen Geländeneigung von 45° und $k=3$ Höhenlinien im Millimeterintervall

$$Z_{\min} = \frac{700 * \tan 45^\circ}{1000 * 3}$$

$$Z_{\min} = 0,23$$

Die Schichthöhe oder Äquidistanzschwelle (Z) wurde mit 0,25 oder besser mit 0,5 angenommen, da hier spätere Verkleinerungen noch ausreichend Berücksichtigung finden und dabei die relativ großen Höhenunterschiede ausreichend signifikant dargestellt werden können.

Der Höhenfehler beträgt demnach:

$$m_H = \pm (0,25/3 + 0,2 * 700/1000 * (\tan 45^\circ))$$

$$\underline{\underline{m_H = \pm 0,22 \text{ m}}}$$

Der Lagefehler der Höhenlinie berechnet sich nach: $m_L = \pm b + a(\cot \alpha)$ und ist bei einer Geländeneigung von 45° gleich dem Höhenfehler, so daß als Genauigkeitsvorgabe der Höhenmessung bei der Aufnahme des »Neuen Schlosses« ein Wert von etwa 0,2 m angenommen werden konnte.

Ausgehend vom geforderten Endprodukt, einer kartographischen Darstellung (Lage- und Höhenschichtlinienplan) des »Neuen Schlosses bei Braunschwende« im Maßstab 1:700, sollte die Vermessung mit einem Lage- und Höhenfehler von maximal 0,2 m durchgeführt werden.

Tachymetrische Aufnahmeverfahren

Bei der tachymetrischen Aufnahme werden Winkel, Strecken und Höhen (Vertikalwinkel) »gleichzeitig« mit einem entsprechenden Gerät gemessen. Auf die tachymetrische Aufnahme mittels optischer Geräte, wie beispielsweise die Meßtischtachymetrie, die Zahlentachymetrie mit Diagrammtachymeter, die Nivelliertachymetrie oder aber auch die Bussolentachymetrie, soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Vergleiche dazu sind bereits durchgeführt worden (vgl. Heinze u. a. 1999).

Vorwiegend werden heute auch in der Archäologie elektronische Tachymeter eingesetzt, da sie neben der automatischen Erfassung der Meßdaten (Winkel und Strecken) diese zugleich auch weiterverarbeiten (zum Beispiel Koordinatenberechnung) und speichern können. Die Möglichkeiten des durchgehenden Datenflusses und die anschließende Möglichkeit der Weiterverarbeitung (zum Beispiel in CAD-Programmen) führten zusammen mit den inzwischen akzeptablen Preisen für einfache elektronische Tachymeter geringerer Genauigkeitsklassen zu einer zunehmenden Akzeptanz auch unter Archäologen.

Dabei bietet die tachymetrische Geländeaufnahme archäologischer Denkmale noch einen weiteren erheblichen Vorteil, vor allem gegenüber den »berührungsfreien« Meßverfahren. Bei der tachymetrischen Aufnahme eines Geländes ist der Messende gezwungen, das Gelände oder das Meßobjekt außerordentlich intensiv zu begehen und sich so

mit diesem unmittelbar vor Ort auseinander zu setzen. Dabei können zum Teil Geländestrukturen oder bisher unter der Vegetation verborgene Befundstrukturen entdeckt und aufgenommen werden, die im Rahmen einer »berührungsfreien« Vermessung nicht erfaßt worden wären. Auch die Interpretation von Reliefstrukturen als moderne Verfälschung des historischen Geländes, sind nur unmittelbar vor Ort zu treffen. Die historisch-archäologische Interpretation des Geländes sowie seiner Reliefstrukturen findet also bereits während der Aufnahme und nicht erst im Nachhinein bei Geländebegehungen statt, bei der u. U. um das ja bereits aufgemessene, schwierige Gelände »ein Bogen gemacht wird«. Die tachymetrische Geländeaufnahme erzwingt auch die Begehung schwieriger Geländeabschnitte, da ansonsten an dieser Stelle ein meßpunktfreier Raum entstehen würde (Bader/Wild 1998; Glutz 1998).

Somit erfolgt, auch im Hinblick auf die anschließend geplante Weiterverarbeitung der Meßdaten, bereits vor Ort die Strukturierung des Geländes. Dazu werden zusätzlich zu den gespeicherten Meß- und Rechenwerten Zusatzinformationen erhoben und entweder separat oder aber im Zusammenhang mit den Daten gespeichert. Der Messende erzeugt also eine annähernd fertige Grafik im Kopf und setzt diese auf verschiedene Art und Weise bei der Geländeaufnahme um.

Dies kann in Form eines analogen Feldrisses erfolgen, welcher parallel zur Vermessung geführt wird und der die Zusatzinformationen wie Grafik- und Sachdaten enthält. Bei der anschließenden Weiterverarbeitung dient der Feldriß dem Bearbeiter dann als Gedankenstütze zur Erstellung des fertigen Planes. Diese Variante der Erfassung von Zusatzdaten hat sich bei der Aufnahme archäologischer Denkmale nicht bewährt, da die zum Teil schwierigen Geländesituationen, wie beispielsweise steile Hänge oder aber dichte Vegetation, die Führung des Feldrisses von der Person am Reflektor verhindert.

Eine weitere Möglichkeit der Datenstrukturierung im Gelände und der zeitgleichen Aufnahme von Zusatzinformationen bieten einfache Codierungssysteme. Hierbei werden die vom Tachymeter gemessenen und berechneten Lagedaten mittels einfacher Zahlen- oder Buchstabencodes mit den dazugehörigen Zusatzinformationen (Grafik- oder Sachdaten) hinterlegt. Diese werden anschließend bei der Datenübernahme und Weiterverarbeitung in einem CAD-Programm berücksichtigt. Diese Methode bedingt die permanente Kommunikation zwischen dem Messenden am Gerät und dem Reflektorträger im Gelände sowie die linienhafte Aufnahme der Objekte und somit einen höheren Meßaufwand.

Bei umfangreich strukturierten Objekten oder bei einer Vielzahl relativ gleichartiger Objekte ist diese Art der einfachen Codierung unzureichend. Beispielsweise gibt es auf einer archäologischen Ausgrabung oder einer mittelalterlichen Burgruine nicht den Gebäudepunkt oder den Fundamentpunkt an sich. Zahlreiche Punkte gehören vielen, an sich aber gleichartigen Objekten an (Fundament 1, ..., n), die sich zusätzlich überschneiden, ineinander liegen oder in sonst irgendeiner Weise Bezug zueinander nehmen, so daß zum Teil eine eindeutige Strukturierung zum Zeitpunkt der Aufnahme nicht bestimmt werden kann.

Eine Möglichkeit, Objekte und Daten umfangreicher zu strukturieren, bietet die Aufnahme mittels vollständiger Codierung. Hierbei entsteht infolge der umfangreich im Gelände vorgenommenen Codierung der Meßdaten und nach Übernahme der Daten in ein CAD-Programm eine weitgehend fertige Grafik. Diese Codierungssysteme bzw. die

Erstellung mehrstelliger Zahlen- und Buchstabencodes führen meist zu einer längeren Geländeaufnahme. Auch tragen die Mehrzahl dieser Codierungssysteme zwar den vermessungstechnischen Belangen weitgehend Rechnung, archäologische Besonderheiten werden jedoch nicht in umfassendem Maße berücksichtigt.

Bei der Aufnahme archäologischer Denkmale und Grabungen haben sich in diesem Zusammenhang zwei Verfahren als optimal erwiesen. Die tachymetrische Aufnahme schwachstrukturierter, d.h. vorrangig durch das Geländere relief gekennzeichneten Geländedenkmale wird mit Hilfe einer einfachen Codierung durchgeführt. Diese kann relativ schnell erstellt werden und beinhaltet gleichzeitig ausreichende Informationen zum Denkmal. Zusätzlich notwendige Informationen werden über Textbemerkungen den Meßdaten beigegeben, die dann bei der Auswertung abgerufen werden können. Bei aufwendig strukturierten Denkmalobjekten oder archäologischen Ausgrabungen wird die Grafik direkt am Objekt (online) in einem, am Tachymeter angeschlossenen CAD-Programm erzeugt (vgl. Schröder 2002).

Die Geländeaufnahme des »Neuen Schlosses bei Braunschwege« wurde ausschließlich mit tachymetrischen Verfahren durchgeführt. Neben den zuvor beschriebenen, die anderen Verfahren einschränkenden Faktoren und den Vorteilen der tachymetrischen Aufnahme bei archäologischen Denkmalen sollten zugleich die Möglichkeiten aufgezeigt werden, die unter Zuhilfenahme der am Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt vorhandenen Geräte und Software erreicht werden können. Auf Grund der relativ einfachen Strukturierung dieses Denkmals erfolgte die Aufnahme mit einer einfachen Codierung. Zusätzlich wurden den Meßdaten Textbemerkungen hinzugefügt.

Allgemeine Betrachtungen zur Durchführung der Vermessung

Nach Auswahl des geforderten Endergebnisses, der anzustrebenden Genauigkeit und des anzuwendenden Meßverfahrens wurde im Rahmen einer Vorplanung der Ablauf der Vermessung und eine optimale Meßtechnologie festgelegt. Dabei gliederte sich die Vermessung der Anlage in zwei Teile. Zunächst mußten die vorhandenen Festpunkte zur Anbindung der Vermessung an das Landeslage- und Höhensystem den Erfordernissen der Geländeaufnahme angepaßt, d.h. verdichtet werden. Danach erfolgte die eigentliche Geländeaufnahme mit Bezug auf die zuvor verdichteten Festpunkte.

Der zeitliche Rahmen für die örtlichen Vermessungsarbeiten wurde auf den März 2000 festgelegt. Dieser Zeitraum versprach optimale Bedingungen für eine Geländeaufnahme. So erlauben die zu erwartenden Witterungsverhältnisse bereits eine störungsfreie Aufnahme des Geländes, die vorhandene Vegetation ist noch nicht so dicht belaubt.

Der lage- und höhenmäßige Anschluß der Vermessung erfolgte standardisiert am Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt an das amtliche Bezugssystem Lage: »Lagestatus 150« und an das amtliche Bezugssystem Höhe: »Höhenstatus 160«¹².

12 Entsprechend den Verwaltungsvorschriften zu den amtlichen Bezugssystemen (Bezugssystemerlaß) vom 15.07.1991, hrsg. vom Ministerium des Inneren des Landes Sachsen-Anhalt.

Der Lagestatus 150 kennzeichnet das Gauß-Krüger-Koordinatensystem, 42/83, 3° Streifensystem, Datum »Pulkowo« 1942, Krassowski-Ellipsoid, Ausgleichung 1983.

Der Höhenstatus 160 kennzeichnet das Normalhöhenystem 1976, Höhen-Null (HN), mit Bezug auf das Staatliche Nivellementsnetz (SNN), Kronstädter Pegel, Ausgleichung 1976¹³.

Im Rahmen der Vorplanung zur Vermessung des »Neuen Schlosses« wurde die topographische Karte: Meßtischblatt 2528 (Wippa), Maßstab 1:25000, sowie die topographische Karte 1:10000, M-32-23-B-a-3 (Abberode), zu Hilfe genommen.

Daraus und infolge einer anschließenden Recherche im Landesamt für Vermessung Sachsen-Anhalt ergab sich, daß gleichmäßig um das Meßobjekt verteilt insgesamt fünf trigonometrische Punkte in Sichtweite vorhanden sind. Anzahl und Verteilung der Festpunkte waren zur Verdichtung in Bezug auf das Meßobjekt ausreichend, so daß die entsprechenden TP-Beschreibungen und die Auszüge aus der Sammlung der Festpunktfeldaten mit dem entsprechenden Lage- und Höhenstatus eingeholt wurden.

Im Anschluß daran wurde eine Geländebegehung durchgeführt, die zum einen der Überprüfung der vorhandenen Festpunkte diente, bei der andererseits aber auch die Ablaufplanung für die nachfolgenden Meßarbeiten festgelegt werden sollte. Im Rahmen dieser Geländebegehung zeigte es sich, daß drei der insgesamt fünf trigonometrischen Festpunkte (wohl im Zuge von Straßenbaumaßnahmen) verlorengegangen waren. Lediglich die trigonometrischen Punkte südwestlich und nordwestlich des Meßgebietes, standen noch zur Anbindung der Vermessung an das amtliche Lage- und Höhennetz zur Verfügung.

Weiterhin wurden, gleichmäßig im aufzumessenden Gebiet verteilt, insgesamt 16 spätere Stand- und Anschlußpunkte¹⁴ vorzugsweise auf der Wallkrone festgelegt und vermarktet. Die Lage und die Verteilung dieser Punkte orientierte sich zunächst an einer optimal durchzuführenden Geländeaufnahme. Vor allem unter dem Gesichtspunkt guter Sichtverhältnisse, in Anbetracht der Vegetation und der relativ großen Höhenunterschiede innerhalb des Meßgebietes sollte eine vollständige Bestreichung des gesamten Areal von wenigen Standpunkten aus möglich sein. Von jedem Standpunkt aus mußten mindestens zwei weitere Anschlußpunkte zu sehen sein. Von mindestens zwei Anschlußpunkten aus sollte freie Sicht zu den trigonometrischen Festpunkten bestehen.

Die festgelegten Anschlußpunkte wurden in ihrer etwaigen Lage und Verteilung auf einem Feldriß eingezeichnet. Als Grundlage diente der 1894 publizierte Lageplan der Anlage (Schmidt 1894, 25), da es sich hierbei um die detailreichste Darstellung des Meßgebietes handelt, die zugleich maßstäblich ist und ein gewisses Maß an Genauigkeit erwarten läßt. Dieser Feldriß diente im Anschluß zugleich der Festlegung der Ablaufplanung, der Orientierung im Gelände und der Genauigkeitsvorbetrachtung.

Die Vermarkung der Anschlußpunkte bestand aus Stahlrohren mit Plastikkappe und orientierte sich an den Notwendigkeiten für eine zeitweilig-dauerhafte Vermarkung. So

13 Entsprechend den Verwaltungsvorschriften zu den amtlichen Bezugssystemen (BezugssystemErlaß) vom 15.07.1991, hrsg. vom Ministerium des Inneren des Landes Sachsen-Anhalt; Anlage 1 und 2.

14 Der Polygonpunkt 4 wurde zu einem späteren Zeitpunkt verworfen.

sollten die Anschlußpunkte bis zum Abschluß der Arbeiten im Innendienst Bestand haben. Danach wurden die Punkte wieder entfernt.

Von den im Gelände vorgefundenen Bedingungen und den festgelegten Anschlußpunkten ausgehend ergab sich folgende Ablaufplanung für die Vermessung des »Neuen Schlosses bei Braunschwende«:

1. Die Geländeaufnahme des gesamten Areals sollte –vorwiegend von den Anschlußpunkten aus und nach einer Stationierung auf einem bekannten Punkt – mit Anbindung an mindestens einen weiteren Anschlußpunkt erfolgen.
2. Um eine möglichst optimale interne Genauigkeit innerhalb der Vermessung zu erreichen, waren die Anschlußpunkte zuvor bezüglich ihrer Lage- und Höhenkoordinaten festzulegen.
3. Ausgehend von der Verteilung der Anschlußpunkte und den schlechten Sichtbedingungen derselben untereinander, sollte versucht werden, die Koordinierung der Anschlußpunkte mittels eines geschlossenen Polygons (Ringpolygon) durchzuführen.

Der Vorteil der Polygonierung liegt vor allem darin, daß von einem Polygonpunkt aus die Messung zu lediglich zwei weiteren, unmittelbar benachbarten Anschlußpunkten notwendig ist. Damit wird die Erkundung wesentlich vereinfacht und die Lage der Anschluß-(Polygon)punkte kann den jeweiligen Geländebedingungen optimal angepaßt werden.

Ein weiteres Kriterium für diese Variante der Koordinierung der späteren Anschlußpunkte liegt darin, daß die Verwendung von geschlossenen Polygonen mit einseitigem Anschluß an das amtliche Festpunktfeld als Standard bei der Vermessung archäologischer Denkmale angesehen wird, ohne daß sich in diesem Zusammenhang bisher um die erreichbaren Ergebnisse und Genauigkeiten ausreichend Gedanken gemacht worden wären. Die Ausdehnung der Denkmale und Denkmalbereiche, meist relativ großflächige Areale mit ungünstigen Sichtbedingungen, sowie ihre Lage, die zumeist relativ weit von potentiellen Anschlußpunkten entfernt ist, prädestinieren diese Meßtechnologie geradezu. Auch die relativ einfache Auswertung kann in diesem Zusammenhang gesehen werden und spricht für die standardisierte Anwendung innerhalb der Archäologie.

Die im Rahmen dieses Beitrages durchzuführende eingehendere Betrachtung zur erreichbaren Genauigkeit (Genauigkeitsvorbetrachtung) und die Untersuchung der tatsächlich erreichten Genauigkeit soll hier die mögliche Anwendung dieses Verfahrens bestätigen oder aber einschränkende Aussagen erbringen. Zu beachten ist dabei vor allem, daß Ringpolygonzüge bzw. geschlossene Polygone zu den aus fehlertheoretischer Sicht ungünstigen Meßfiguren gehören. Einerseits bieten geschlossene Polygonzüge keinen Schutz gegen meßwertproportionale, systematische Streckenfehler. Andererseits verschwenkt der gesamte Polygonzug bei einem Winkelfehler im Anschlußpunkt. Daraus resultiert, daß der dem Anfangs- oder Anschlußpunkt diametral gegenüberliegende, am weitesten entfernte Polygonpunkt aus fehlertheoretischer Sicht am ungünstigsten liegt. Es ergibt sich somit die Forderung, mehrere Anschlußrichtungen auf dem Anfangspunkt des Polygons (Festpunkt) zu bestimmen.

- Ein Vorteil liegt auch in der Steigerung der internen Genauigkeit, da die Messung gewissermaßen in einem örtlichen Koordinatensystem erfolgt, welches anschließend an vorhandene Festpunkte angebunden wird. Spannungen in den Anschlußpunkten oder der Anschlußmessung bleiben somit unberücksichtigt.
4. Da von keinem der Polygonpunkte aus zwei trigonometrische Anschlußpunkte sichtbar waren, sollte zur Kontrolle der erreichten Ergebnisse und zur Verminderung der Winkel- und Streckenfehler der Polygonzug zweimal – jeweils entgegengesetzt – gemessen werden.
 5. Der Anfangspunkt des Polygons war zuvor mittels der vorhandenen trigonometrischen Festpunkte koordinatenmäßig zu bestimmen. Dieser Anfangspunkt diente dann zusammen mit einem trigonometrischen Festpunkt zur Anschlußrichtung als »fehlerfreier Anschlußpunkt«.
 6. Zur Festlegung der Lage- und Höhenkoordinaten des Polygonanfangspunktes war – unter Beachtung einer optimalen Meßfigur – eine freie Stationierung durchzuführen. Anschließend sollte der Anfangspunkt des Polygons polar bestimmt werden. Der Vorteil der »Freien Stationierung« (freie Standpunktwahl) liegt vor allem in der Möglichkeit, den Instrumentenstandpunkt frei, d. h. den örtlichen Erfordernissen entsprechend optimal zu wählen. Die Koordinaten des Standpunktes sind dabei unbekannt und werden durch Winkel- und Streckenmessung zu koordinatenmäßig bekannten Festpunkten und die anschließende Berechnung bestimmt. Dabei sollten die Anschlußpunkte gleichmäßig über den Horizont verteilt in etwa gleicher Entfernung liegen. Der aufzunehmende Neupunkt sollte innerhalb der Anschlußpunkte liegen.
 7. Sowohl zur Genauigkeitssteigerung als auch zur Kontrolle des erreichten Ergebnisses war dieses Verfahren auf einem zweiten »freien Standpunkt« zu wiederholen.
 8. Vor Beginn der Messung war diese Meßkonstellation in Form einer Genauigkeitsvorbetrachtung zu überprüfen. Die erreichbare Genauigkeit sollte mit der anzustrebenden Genauigkeit verglichen werden.
 9. Nach Abschluß der Meßarbeiten sollte die erreichte Genauigkeit ermittelt und mit der angestrebten Genauigkeit verglichen werden. Doppelt bestimmte Punkte sind bei Einhaltung bestimmter Fehlergrenzen zu mitteln. Die gemittelten Koordinaten der Anschlußpunkte sollten dann bei der Geländeaufnahme zur Stationierung auf bekannten Anschlußpunkten dienen.

Verwendete Geräte und Software

Im Landesamt für Archäologie stehen verschiedene vermessungstechnische Geräte für unterschiedliche Aufgabenstellungen zur Verfügung. Der Großteil der Vermessungsgeräte, zumeist einfache Baunivelliere und Bautachymeter geringerer Genauigkeitsklassen, wird vorwiegend auf archäologischen Ausgrabungen eingesetzt.

Zur Vermessung archäologischer Denkmale sowie zur Absteckung und koordinatenmäßigen Festlegung der Grabungen werden elektronische Tachymeter mit angeschlossenen elektronischen Feldbüchern verwendet. Mit Hilfe der darin enthaltenen Software können die Aufgaben der Stationierung und Absteckung optimal durchgeführt werden.

Gleichzeitig besteht damit die Möglichkeit, die gemessenen Daten und zugehörige Zusatzinformationen zu speichern.

Für die Vermessung des »Neuen Schlosses« standen die folgenden Geräte zu Verfügung:

- *Tachymeter*
Zeiss Elta 40R mit der vom Hersteller angegebenen Genauigkeit (DIN 18723)
der Horizontalwinkelmessung: 1,0 mgon
der Distanzmessung: 3 mm + 3 ppm
- *elektronisches Feldbuch*
Zeiss Rec 500/352k
- *Nivelliergerät*
Pentax Kompensatornivellier AL-M5c
mittlerer Fehler für 1 km Doppelnivellement = ± 2,0 mm

Als Software wurde ausschließlich die im Rec 500 vorhandene Standardsoftware verwendet.

Der verwendete Tachymeter entspricht in seiner Genauigkeit den gestellten Anforderungen bei der Aufnahme archäologischer Denkmale.

Die Verwendung des Rec 500 zur Datenspeicherung und Weiterverarbeitung resultiert vor allem aus der Möglichkeit, alphanumerische Codes und Zusatzinformationen relativ komfortabel eingeben zu können. Zwar beinhaltet der Tachymeter ebenfalls einen internen Datenspeicher sowie verschiedene Programme zur Durchführung der meisten vermessungstechnischen Aufgabenstellungen. Die Eingabe des Punktcodes beispielsweise ist aber wegen der fehlenden Tastatur nur äußerst eingeschränkt möglich.

Das verwendete Nivelliergerät entspricht in seiner Genauigkeitsklasse eher einfachen Baunivellieren, es genügt jedoch den gestellten Anforderungen bei der Aufnahme archäologischer Denkmale.

Genauigkeitsvorbetrachtung

Die anzustrebende Genauigkeit wurde für einen beliebigen, neu bestimmten topographischen Geländepunkt sowohl in seiner Lage als auch in seiner Höhe mit 0,2 m angenommen. Diese verteilt sich auf die Genauigkeit der Anschlußpunkte und die Genauigkeit der Meßmethode (Polaraufnahme nach einer Stationierung auf einem bekannten Punkt).

Die Lagegenauigkeit eines polar aufgenommenen Punktes ergibt sich aus (Gruber 1995, 32):

$$s_P = \sqrt{s_S^2 + (S \cdot s_\alpha / \text{rad})^2}$$

s_S = Standardabweichung einer Strecke

S = Strecke

s_α = Standardabweichung des Richtungswinkels

Für eine durchschnittliche Strecke von $S = 100 \text{ m}$ ergibt sich als Standardabweichung eines polar aufgenommenen Punktes:

$$s_p = \sqrt{(3,3 \text{ mm})^2 + (100 * 2 \text{ mgon} / 63662)^2} = \underline{\underline{4,5 \text{ mm}}}$$

Einen wesentlichen Faktor bei der Genauigkeit ist zudem die Genauigkeit der Anschlußpunkte aus der Polygonierung. Hier kann als Maß die näherungsweise Abschätzung der Ungenauigkeit des dem Anfangspunkt diametral gegenüberliegenden Punktes gewählt werden (Müller 1994, 10f.).

$$\sigma L' \approx S/3 * \sqrt{(2,25 * a+b+c)/(n-1)}$$

mit den Hilfsgrößen: $a = (\sigma_s/s)^2$

Variationskoeffizient der Streckenmessung der Polygonseitenlänge (relative Streckenmeßgenauigkeit)

$$b = (n(n+1)/10) * (\sigma_\beta/\rho)^2$$

(σ_β/ρ) = Standardabweichung der Brechungswinkel in rad

$$c = ((n+1)(n^2+3)/(48n)) * (\sigma_\beta/\rho)^2$$

Die erforderlichen Angaben wurden aus der Feldskizze entnommen:

S = Summe der Polygonseiten $\approx 617 \text{ m}$

s = durchschnittliche Polygonseitenlänge = $S/n \approx 41 \text{ m}$

n = Anzahl der Polygonpunkte = 15

$\sigma_s \approx 3,1 \text{ mm}$

$\sigma_\beta \approx 2 \text{ mgon}$

$\rho = \text{rad} = 63662$

Demnach ergab sich die Ungenauigkeit des dem Anfangspunkt diametral gegenüberliegenden Punktes mit:

$$a = 5,72 * 10^{-9}$$

$$b = 2,37 * 10^{-8}$$

$$c = 5 * 10^{-9}$$

$$\sigma L' \approx \underline{\underline{0,011 \text{ m}}}$$

Die Genauigkeit eines beliebigen aufgenommenen Punktes folgt intern nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz:

$$\sigma L = \sqrt{\sigma L'^2 + s_p^2} \approx \underline{\underline{1,2 \text{ cm}}}$$

Hinzu kommt noch die Ungenauigkeit der trigonometrischen Anschlußpunkte und die Genauigkeit der Anschlußmessung des Anfangspunktes des Polygonzuges.

Die Genauigkeit der trigonometrischen Anschlußpunkte kann mit etwa $0,025 \text{ m}$ angenommen werden.

Die Genauigkeit der freien Stationierung und anschließenden polaren Einmessung des Polygonpunktes 1 erfolgt ebenfalls nach der Formel zur Lagegenauigkeit eines polar aufgenommenen Punktes (Gruber 1995, 32):

$$s_p = \sqrt{s_S^2 + (S * s_\alpha / \text{rad})^2} \approx 0,023 \text{ m}$$

s_S = Standardabweichung der Strecke zu einem Anschlußpunkt $\approx 5,2 \text{ mm}$

S = Strecke zu einem Anschlußpunkt $\approx 700 \text{ m}$

s_α = Standardabweichung des Richtungswinkels $\approx 2 \text{ mgon}$

Durch den einseitigen Anschluß wirken sich diese Faktoren jedoch nicht auf die interne Genauigkeit aus, da durch die Messung und Auswertung des geschlossenen Polygonzuges gewissermaßen in einem »örtlichen Koordinatensystem« gemessen wird, welches lediglich in seiner Gesamtheit um den Betrag des Anschlußfehlers fehlerhaft ist.

Mit der gewählten Meßkonfiguration konnte die zu erreichende Lagegenauigkeit erreicht werden.

Die Höhengenaugkeit eines polar bestimmten Punktes ergibt sich aus der Formel zur Genauigkeit der trigonometrischen Höhenmessung (Gruber 1995, 100).

$$s_{\Delta H} = \sqrt{(\cot z * s_S)^2 + ((S/\sin^2 z) * (s_z / \text{rad}))^2 + s_i^2 + s_t^2}$$

z = Zenitwinkel

s_S = Standardabweichung der Strecke

S = Strecke

s_z = Standardabweichung des Zenitwinkels

s_i = Standardabweichung der Instrumentenhöhe

s_t = Standardabweichung der Zieltafelhöhe

Die Standardabweichung der Instrumenten- und Zieltafelhöhe kann in etwa abgeschätzt werden.

Bei einer durchschnittlichen Instrumenten- und Zieltafelhöhe von $I_H = 1,50 \text{ m}$ folgt nach dem Satz des Pythagoras die gemessene Schrägstrecke

$$S = \sqrt{I_H^2 + \Delta_H^2} = 1,503 \text{ m}$$

Δ_H = horizontale Abweichung von der Lotrechten des Festpunktes $\approx 10 \text{ cm}$

Der Fehler der Instrumenten- und Zieltafelhöhe kann in etwa mit 3 mm angenommen werden.

Für verschiedene Strecken und Zenitwinkel ergibt sich dann für die Genauigkeit der trigonometrischen Höhenmessung:

S	z	s _s	s _z	s _{ΔH}
50 m	80 gon	3,1 mm	3 mgon	5,1 mm
100 m	80 gon	3,3 mm	3 mgon	6,8 mm
50 m	101 gon	3,1 mm	3 mgon	4,8 mm
100 m	101 gon	3,3 mm	3 mgon	6,3 mm

Daraus folgt, daß die geforderte Höhengenaugkeit von 0,2 m mit dem Verfahren der trigonometrischen Höhenmessung eingehalten werden kann. Die Werte sind ebenso bei der Messung des Polygonzuges gültig. Hierbei tritt insgesamt jedoch noch eine Verbesserung durch die Mehrfachmessung (Mehrfachbestimmung) auf. Durch die Verwendung einer Zwangszentrierung bei der Polygonierung können die Fehler der Instrumenten- und Zieltafelhöhe weiter minimiert werden.

Für den Anschluß des Polygonzuges an das Landeshöhensystem folgt wegen der relativ großen Strecke zum trigonometrischen Anschlußpunkt von etwa 700 m und dem somit zu beachtenden Einfluß der Erdkrümmung die Genauigkeit einer trigonometrischen Höhenbestimmung (Gruber 1995, 101):

$$s_{\Delta H} = \sqrt{(\cos z * s_D)^2 + (D * \sin z * (s_z / \text{rad}))^2 + ((D^2 / 2R) * s_z)^2 + s_1^2 + s_t^2}$$

s_D = Standardabweichung der Distanz D

R = Erdradius ≈ 6380 km

Bei einem Zenitwinkel von etwa 105 gon und einer Strecke von 700 m beträgt die zu erwartende Genauigkeit der trigonometrischen Höhenbestimmung etwa 12 cm.

Bei der Anwendung des geometrischen Nivellements war demnach mit einer erheblichen Genauigkeitssteigerung zu rechnen.

Die höhenmäßige Bestimmung der Polygon- und Geländepunkte erfolgte demnach durch trigonometrische Höhenbestimmung. Der Anschluß an das Landeshöhensystem mußte mittels geometrischen Schleifennivellements erfolgen.

Vermessung und Auswertung der Anschlußpunkte

Zu Beginn der Meßarbeiten wurde die Bestimmung des Polygonpunktes 1 durchgeführt. Dazu ist eine freie Stationierung unter Verwendung der trigonometrischen Anschlußpunkte durchgeführt worden. Der Polygonpunkt 1 wurde dann polar angehängt. Dieses Verfahren wurde auf einem weiteren freien Standpunkt wiederholt.

Im Ergebnis der zweimaligen freien Stationierung und anschließenden polaren Einmessung des Polygonpunktes 1 (PP1) ergaben sich dessen Koordinaten doppelt. Von den daraus resultierenden Differenzen ausgehend wurde das einfache arithmetische Mittel gebildet.

Der höhenmäßige Anschluß des Polygonpunktes 1 erfolgte mittels Schleifennivellement.

Die Höhe des Polygonpunktes 1 wurde mit einer Standardabweichung für 1 km Nivellementstrecke von 4,1 mm gemessen.

Im Anschluß an die Bestimmung der Koordinaten des Anfangspunktes des Ringpolygons (PP1) erfolgte die Polygonzugmessung entsprechend der Menüführung der Software im Rec 500: Anwendungsprogramm/Messung/Polygonzug. Der zuvor bestimmte Polygonpunkt 1 diente als »fehlerfreier« Anschlußpunkt mit der Anschlußrichtung zu einem TP.

Die Polygonzugmessung wurde zweimal entgegengesetzt durchgeführt, um die erreichten Ergebnisse der Koordinaten der Anschlußpunkte miteinander vergleichen zu können. Die Messung erfolgte in Zwangszentrierung.

Die Auswertung der Polygonzüge 1 und 2 wurde erstens unter Zuhilfenahme der Software im Rec 500: Polygonzugsabgleich und zusätzlich »per Hand« durchgeführt.

Beispiel : Polygonzug 1 - Lageauswertung (»per Hand«)

PP	gemittelte HD (m) e(i)	gemittelter Berechnungswinkel (gon)	vorläufige Koordinaten (m)		
			y'	x'	z'
			444..	571..	
1(A)	34,779	131,2232	8872,838	8769,850	419,570
16	14,556	255,0843	8890,978	8799,524	421,278
15	48,483	190,8925	8905,356	8801,798	421,383
14	49,135	199,7478	8951,674	8816,121	421,447
13	26,585	187,1503	8998,558	8830,823	421,267
12	48,746	304,8632	9021,816	8843,702	420,378
11	26,529	192,3258	9042,106	8799,380	419,243
10	43,304	210,1877	9055,970	8776,761	417,215
9	32,368	200,8636	9072,428	8736,706	416,055
8	32,355	255,2118	9084,321	8706,603	414,008
7	43,197	263,0271	9069,066	8678,070	412,180
6	53,283	191,1085	9026,042	8674,197	414,687
5	47,886	224,4037	8974,155	8662,080	415,439
3	74,620	261,5504	8926,835	8669,421	417,705
2	39,603	191,9556	8894,374	8736,610	419,236
1(E)		259,6441	8872,790	8769,814	419,579

$n = 15$

$\sum e(i) = 615,429 \text{ m}$

$\sum (\text{Außenwinkel}) = 3399,9514 \text{ gon}$

$\Delta y' = 0,048 \text{ m}$

$\Delta x' = 0,036 \text{ m}$

$\Delta z' = -0,009 \text{ m}$

Winkelabschlußfehler: $db = ((n+2) \cdot 200 = 3400) - \sum (\text{Außenwinkel}) = 0,0486 \text{ gon}$

Verbesserung der Brechungswinkel: $db/n = 0,00324 \text{ gon}$

PP	verbesserte Brechungs- winkel (gon)	vorläufige Koordinaten Y' (m) X'(m)		vX' (mm)	vY' (mm)
		444...	571...		
1(A)	131,22644	8872,838	8769,850	-	-
16	255,08754	8890,979	8799,523	- 2,7	2,2
15	190,89574	8905,357	8801,795	- 3,8	3,0
14	199,75104	8951,678	8816,111	- 7,5	6,0
13	187,15354	8998,565	8830,803	-11,2	9,0
12	304,86644	9021,826	8843,676	-13,2	10,7
11	192,32904	9042,102	8799,348	-17,0	13,7
10	210,19094	9055,958	8776,724	-19,0	15,4
9	200,86684	9072,398	8736,662	-22,3	18,0
8	255,21504	9084,278	8706,553	-24,8	20,0
7	263,03034	9069,008	8678,028	-27,2	22,0
6	191,11174	9025,983	8674,180	-30,6	24,7
5	224,40694	8974,089	8662,093	-34,6	28,0
3	261,55364	8926,774	8669,464	-38,3	30,9
2	191,95884	8894,360	8736,677	-44,0	35,6
1(E)		8872,800	8769,897	-47,0	38,0

Die Verbesserungen der Koordinaten ergeben sich aus der Verteilung der Koordinaten-
widersprüche:

$$wY' = 0,038 \text{ m und } wX' = -0,047 \text{ m.}$$

Diese werden proportional zur Länge des Polygonzuges verteilt:

$$vY'_i = wY' * \sum_A^i e(i) / \sum_A^E e(i) \quad vX'_i = wX' * \sum_A^i e(i) / \sum_A^E e(i)$$

Es ergeben sich die Koordinaten der Polygonzüge 1 und 2. Als endgültige Koordinaten
der Polygonpunkte wird daraus das einfache arithmetische Mittel gebildet (X, Y).

Aus der Doppelmessung und der Mittelbildung lassen sich die Verbesserungen vx
und vy sowie die (empirische) Standardabweichung des Mittelwertes vx' und vy' ermit-
teln.

Als Maß der Genauigkeit wird der Lagefehler des Mittelwerts pro Polygonpunkt
 $\sigma L^2 = vx'^2 + vy'^2$ aufgeführt.

PP	vx (cm)	vy (cm)	vx' (cm)	vy' (cm)	σL (cm)
1	0	0	0	0	0
2	0,65	0,25	0,46	0,18	0,49
3	0,95	1,20	0,67	0,85	1,08
5	0,85	1,30	0,60	0,92	1,10
6	1,20	1,45	0,85	1,02	1,33
7	1,60	1,30	1,13	0,92	1,46
8	1,50	1,25	1,06	0,88	1,38

9	2,05	1,05	1,45	1,02	1,77
10	2,45	0,95	1,73	0,67	1,86
11	2,55	1,05	1,80	0,74	1,95
12	2,55	1,35	1,80	0,96	2,04
13	2,20	1,30	1,56	0,92	1,81
14	1,80	1,00	1,27	0,71	1,46
15	0,80	0,50	0,57	0,35	0,67
16	0,50	0,80	0,35	0,57	0,67

Beispiel: Polygonzugsauswertung im Rec 500

Im Anwendungsprogramm: Messung/Polygonzug wird der Lageabgleich des Polygonzugs bei einem geschlossenen Polygon (Ringpolygon) durch eine Ähnlichkeitstransformation durchgeführt. Dabei kann der gemeinsame Punkt beider Achsen frei gewählt werden. Transformiert wird dann mit der Achse: Polygonpunkt i-Istendpunkt, auf die Achse: Polygonpunkt i-Istsollpunkt (Anfangspunkt). Die Koordinaten des Polygonpunktes i werden dabei festgehalten.

Für die Auswertung der Polygonzüge 1 und 2 wurde als »Festpunkt« (Polygonpunkt i) jeweils der dem Anfangspunkt des Polygonzuges in der Messung nachfolgende Polygonpunkt gewählt, da hier die Fehlerfortpflanzung noch am geringsten ist. Es ergeben sich folgende »abgeglichenen Koordinaten«.

PP	$X_1(\text{Rec } 500)$ (m)	$Y_1(\text{Rec } 500)$ (m)	$X_2(\text{Rec } 500)$ (m)	$Y_2(\text{Rec } 500)$ (m)	dX (cm)	dY (cm)
	571...	444...	571...	444...		
1	8769,850	8872,838	8769,850	8872,838	0	0
2	8736,714	8894,409	8736,621	8894,403	9,3	0,6
3	8669,654	8926,861	8669,271	8926,853	38,3	0,8
5	8662,355	8974,109	8661,865	8974,248	49,0	13,9
6	8674,487	9025,905	8673,944	9026,240	54,3	33,5
7	8678,381	9068,856	8677,774	9069,338	60,7	48,2
8	8706,877	9084,069	8706,347	9084,646	53,0	57,7
9	8736,925	9072,175	8736,506	9072,752	41,9	57,7
10	8776,904	9055,718	8776,638	9056,292	26,6	57,4
11	8799,477	9041,862	8799,306	9042,422	17,1	56,0
12	8843,714	9021,576	8843,721	9022,126	0,7	55,0
13	8830,842	8998,364	8830,838	8998,821	0,4	45,7
14	8816,133	8951,566	8816,141	8951,841	0,8	27,5
15	8801,803	8905,331	8801,829	8905,426	2,6	9,5
16	8799,524	8890,978	8799,561	8891,028	3,7	5,0

Die relativ großen Abweichungen (dX und dY) bei der Auswertung im Rec 500 resultieren aus dem mathematischen Modell des »Abgleichs des Polygonzuges«. Vor allem weil

der zweite Transformations«fest»punkt frei gewählt werden kann, ergeben sich Verschwenkungen des gesamten Polygons, die bei einer entgegengesetzten Doppelmessung zu erheblichen Abweichungen unter den doppelt bestimmten Koordinaten führen. Der Form der Auswertung über die Verteilung der Koordinatenwidersprüche proportional zur Polygonzugslänge (Auswertung »per Hand«) ist hier gegenüber einer Transformation der Vorzug zu geben.

Als Koordinaten der Anschlußpunkte PP1 bis PP16 wurden die gemittelten Koordinaten aus der Zusammenfassung der Ergebnisse der Polygonzugsmessungen 1 und 2 (Auswertung »per Hand«) verwendet.

Höhenauswertung

Die sich aus den Polygonzugsmessungen ergebenden Höhenabschlußfehler $\Delta z'$ und $\Delta z''$ wurden proportional zur Streckenlänge des Polygonzugs verteilt.

$$vZ_i = \Delta z * \sum_A^i e(i) / \sum_A^E e(i)$$

Diese Option wird in dieser Form auch im Rec 500: Anwendungsprogramm/Messung/Polygonzugsabgleich zur Auswertung des Polygonzuges angewendet und kann somit in vollem Umfang genutzt werden (Zeiss, 43).

Es ergeben sich die Verbesserungen vz_1 und vz_2 und die Höhen H_1 und H_2 , aus denen gemittelt die endgültige Höhe der Polygonpunkte berechnet werden kann. Als Maß der Genauigkeit dient hier die Abweichung vom Mittelwert (dz).

Überprüfung der erreichten Genauigkeit

Insbesondere in der Lageauswertung zeigt sich, daß die dem Anfangspunkt (PP1) diametral gegenüberliegenden Polygonpunkte die größten Abweichungen aufweisen. Der Polygonpunkt 12 weicht in seiner Lage mit 2,9 cm am weitesten vom Mittelwert ab. Der Polygonpunkt 7 weicht in seiner Höhe mit 5 mm am weitesten vom Mittelwert ab.

Die ermittelten Lage- und Höhenkoordinaten genügen den geforderten Genauigkeiten in Lage und Höhe von 0,2 m, so daß die Mittelwerte als Anschlußpunktkoordinaten verwendet wurden.

Geländeaufnahme

Die ermittelten Anschlußpunktkoordinaten dienten sowohl als Gerätestandpunkte (Stationierung des Meßgerätes auf einem bekannten Punkt) als auch als Anschlußpunkte zur Orientierung des Richtungswinkels. Die Instrumentenhöhe über dem Standpunkt und die Prismenhöhe über dem Anschlußpunkt wurden mittels Stahlmeßband gemessen und im Rahmen des Menüepunktes »Stationierung« auf bekanntem Punkt eingegeben.

Ziel der Stationierung auf einem bekannten Punkt ist es, das Gerät koordinatenmäßig auf einem »Festpunkt« festzulegen und mittels eines weiteren, koordinatenmäßig bekannten Anschlußpunktes den Teilkreis im Meßsystem zu orientieren. Da bereits die Lage der Polygon- bzw. Anschlußpunkte – vor allem in Anbetracht des aufzumessenden

Geländes – festgelegt worden war, wurde diese Form der Stationierung ausnahmslos durchgeführt.

Nach dem Abschluß der Stationierung wurde der vom Standpunkt aus einzusehende Geländeabschnitt polar aufgemessen (Zeiss, Anwendungsprogramme/Messung/Polarpunkte). Hierbei werden Neupunkte koordinaten- und höhenmäßig bestimmt, indem jeweils die Distanz, der Horizontalwinkel und der Vertikalwinkel gleichzeitig gemessen werden. Die Daten werden über die Schnittstelle am Tachymeter (V24) an das elektronische Feldbuch (Rec 500; Schnittstelle RS 232¹⁵) übergeben. Die Software berechnet aus den Meßwerten des Tachymeters die Lage- und Höhenkoordinate und speichert diese zusammen mit den zuvor festgelegten Zusatzinformationen in einem internen Speicher ab. Für diese Zusatzinformationen stehen im Rec 500 27 Stellen zur Verfügung, die beliebig alphanumerisch beschrieben werden können. Diese gliedern sich standardmäßig in elf Stellen für eine Kennung (K) und 16 Stellen für eine Zusatzinformation (Z) (Zeiss, 66).

Am Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt hat sich bei der Vergabe der Zusatzinformation folgende Verfahrensweise bewährt. Die Punktnummer beliebiger Neupunkte wird nicht wie üblich unter der Kennung vergeben, sondern aus der fortlaufenden Nummer der Speicherzelle (Adr. = Adresse) abgeleitet. Dies erfolgt zum einen, da die Punktnummer von beliebigen Neupunkten relativ unbedeutend ist und lediglich der Identifizierung des Punktes im Datensatz dient. Zum anderen wird auf diese Weise Platz für weitere Zusatzinformationen im Datensatz frei. Dadurch ist es möglich, die elf Stellen der Kennung (K) für die Codierung des Datensatzes zu verwenden. Die 16 Stellen der Zusatzinformation (Z) stehen dann vollständig zur freien Eingabe einer Textinformation zur Punktbeschreibung oder -identifikation zur Verfügung.

Diese Textinformation zur Beschreibung des Punktes steht dann einerseits im Datensatz, andererseits wird der beschreibende Text auch von der Software zur Weiterbearbeitung der Daten in die Grafik als »Bemerkung« eingefügt, so daß die Punktbeschreibung bei der Bearbeitung am PC informierend zur Verfügung steht. Notwendig ist diese Verfahrensweise vor allem bei der Vermessung diffizilerer Ausgrabungen, da hier herkömmliche Codierungssysteme oftmals versagen. Eine zusätzlich zum Code (zum Beispiel Fundamentpunkt) gespeicherte Textinformation (zum Beispiel »Bruchsteinfundament 308«) dient der detaillierteren Identifikation des Punktes und der Verknüpfung mit allen weiteren auf einer Grabung erhobenen Datenbeständen.

Die im Landesamt für Archäologie vergebene Codierung bezüglich der Lageinformation eines Punktes orientiert sich an der verwendeten Software zur Weiterverarbeitung der Daten. Hierzu ist eine Codierung entworfen worden, die den Erfordernissen bei der Vermessung archäologischer Denkmale und Ausgrabungen entspricht und die beim Einlesen der Daten in das CAD-Programm berücksichtigt wird. Der Code besteht aus einem zweistelligen Punktcode, einem zweistelligen Liniencode sowie einer dreistelligen Dimension.

15 V24/RS 232: Asynchrone serielle spannungsgesteuerte Schnittstelle zum Datenaustausch.

Der Punktcode enthält die thematische Zuordnung des Aufnahmepunktes und hat Einfluß auf ein Symbol aus einer festgelegten Symbolbibliothek und dem Layer¹⁶, in dem Punkt und Symbol in der CAD-Zeichnung abgelegt werden.

Der Liniencode ist die Verknüpfungsinformation zwischen linienfähigen Punkten und bestimmt die Vergabe von punktbezogenen Linien als Geraden oder Kurven.

Die Dimension bezieht sich (nur bei dimensionsfähigen Punkten) auf die Größe eines Objektes (zum Beispiel Baum oder Schacht) in der Natur (in cm) und hat Einfluß auf die maßstäbliche Größe des dazugehörigen Symbols in der Zeichnung sowie auf Mauerabstände oder Parallelabstände bei linearen Objekten.

Mit Hilfe dieser Codierung und der dazugehörigen Textinformation ist es möglich, sämtliche zu einem aufgenommenen Punkt gehörige Informationen bereits bei der registrierenden Tachymeteraufnahme zu erfassen und zu speichern. Die Informationen werden dann beim Einspielen in die CAD-Software in eine strukturierte, komplexe CAD-Zeichnung umgesetzt.

Im Rahmen der Vermessung des »Neuen Schlosses« wurde vor allem die Codierung von Linienelementen vorgenommen. Neben einer relativ geringen Anzahl topographischer Punkte und Objekte (Wege, Straßen, Gebäude) bezog sich der Großteil der aufzunehmenden Punkte auf das Geländere relief. Damit sind einfache Geländepunkte und vor allem das Relief strukturierende Geländelinien, wie Grabenunter- und Grabenoberkanten, Wallober- und Wallunterkanten sowie Geländebruchkanten zu codieren gewesen.

Die Festlegung der entsprechenden Codes erfolgte unmittelbar am Objekt vom »Reflektorträger«, der die notwendigen Informationen mittels Funkgerät zum Messenden am Gerät übermittelte. Dieser gab den entsprechenden Code sowie die textliche Zusatzinformation in das Feldbuch ein und löste die Messung aus. Die Codeübermittlung war insofern notwendig, als aufgrund des zum Teil dichten Bewuchses oftmals lediglich der »Reflektorträger« das eigentliche Meßobjekt gesehen hat. Ebenso mußte wegen der Vegetation die Reflektorhöhe häufig verstellt werden, was dem Messenden am Gerät vor dem Auslösen der Messung mitzuteilen war.

Was gemessen wurde sowie die Punktverteilung und die Punktdichte wurden vom »Reflektorträger« festgelegt. Dabei waren Situationspunkte in einer so dichten Folge zu wählen, daß sie die topographischen Objekte hinreichend authentisch wiedergaben. Gleichzeitig sollten jedoch auch nicht uneffektiv viele Punkte aufgenommen werden. Hierfür war es notwendig, zunächst charakteristische Geländelinien zu finden, welche die Lage und Reliefstrukturen repräsentieren. Diese Linien wurden anschließend nur noch in eine angemessene Anzahl von Punkten zerlegt. Dabei gilt als Grundsatz, daß zwischen zwei benachbarten Punkten – sowohl in der Lage als auch in der Höhe – annäherungsweise eine Geradenverbindung bestehen sollte.

Dies gilt auch vor dem Hintergrund, daß CAD-Programme für die Darstellung der Geländeform sowohl Höhenlinien als auch digitale Geländemodelle auf der Basis einer Approximation des Reliefs durch gitterförmige Punktanordnung oder nach der Triangu-

16 Layer sind vergleichbar mit durchsichtigen dreidimensionalen Folien, die auf eine Zeichnung aufgelegt werden. Sie können einzeln oder in verschiedenen Kombinationen angesehen, bearbeitet

und/oder editiert werden, so daß eine beliebige Objektzusammensetzung und Bearbeitung in der Darstellung oder beim Plott möglich ist.

lation der erfaßten Reliefpunkte (Dreiecksvermaschung) erstellen. Bei der Dreiecksvermaschung werden jeweils drei Geländepunkte zu dreidimensionalen Dreiecken im Raum verbunden. Somit muß bereits bei der Geländeaufnahme die dreidimensionale Geradenverbindung zwischen benachbarten Punkten (die späteren Dreiecksseiten) berücksichtigt werden. Die im Landesamt für Archäologie eingesetzte Software verbindet die Punkte so zu Dreiecken, daß der Abstand des zu jedem Dreieckspunkt definierten Kreises minimiert wird¹⁷. Lediglich als Bruchkanten¹⁸ definierte Geländelinien werden bei der Vermaschung als feste Dreiecksseiten berücksichtigt und sind somit ausdrücklich bei tachymetrischen Geländeaufnahmen zu kennzeichnen. Ober- und Unterkanten von Böschungen, Wällen und Gräben sind entsprechend zu behandeln.

Der Reflektorträger modelliert das Gelände mittels der charakteristischen Geländelinien und charakteristischen Geländepunkte (Sattelpunkte, Kuppen, Muldenpunkte). Dazwischen liegende Geländepunkte werden unter Beachtung des Geradengrundsatzes in ausreichender Anzahl gemessen.

Bei der Vermessung des »Neuen Schlosses« wurden topographische Linien (Straßen, Wege) und charakteristische Geländelinien (Bruchkanten) durchschnittlich in einem Punktabstand von 2 m bis 5 m aufgenommen. Geländepunkte variieren in ihrem Punktabstand von 5 m in bewegtem Gelände (Wall- und Grabenbereich) und bis zu 50 m in relativ unbewegtem Gelände (umliegendes Ackerland). Bei der Geländeaufnahme des »Neuen Schlosses« wurden innerhalb von acht Arbeitstagen etwa 4000 Punkte von 15 Standpunkten aus polar bestimmt.

Datenweiterverarbeitung

Ein wesentlicher Vorteil bei der tachymetrischen Geländeaufnahme mittels elektronischen Tachymeters und Datenspeichers besteht in den Möglichkeiten des durchgehenden Datenflusses. Die gemessenen und berechneten Lagedaten werden zusammen mit den Zusatzinformationen in einem externen oder internen Datenspeicher gesammelt. Von hier aus können diese dann unmittelbar in weiterverarbeitende Programme überspielt werden. Bearbeitete Daten können wieder in den Datenspeicher des Tachymeters übernommen werden. Die im Tachymeter gespeicherten Daten sind dabei jedoch möglichst nicht oder aber automatisiert zwischenzubearbeiten oder umzuformatieren. Dies bedeutet, daß die Daten im Tachymeter oder Feldbuch bereits in dem vom weiterverarbeitenden Programm verlangten Format vorliegen oder aber, daß die weiterverarbeitenden Programme die entsprechenden Tachymeterformate verwenden können.

Die Vorteile des anzustrebenden durchgehenden Datenflusses liegen vor allem in der Effektivität, da die Daten schnell weiterverarbeitet werden können und ein annäherndes Endergebnis oder Zwischenergebnis bereits im Feld zur Kontrolle vorliegt. Auch werden Fehler, die beispielsweise aus Schreibfehlern oder Zahlendrehern resultieren, vermindert. Auf diesem Wege besteht auch für ungeübte Laien die Möglichkeit, mit dem Tachymeter erzeugte Daten schnell und einfach zur weiteren Bearbeitung in die entsprechenden Programme zu überspielen.

¹⁷ BB 1998,5.

¹⁸ Bruchkanten repräsentieren einen mehr oder weniger ausgeprägten Wechsel der Hangneigung.

Am Beispiel der Vermessung des »Neuen Schlosses« sind die Daten nach Abschluß der Messung auf einem Standpunkt in einen tragbaren PC (Laptop) übertragen worden, so daß pro Standpunkt eine Datei entstanden ist. Dies dient neben der Datensicherung auch der Bearbeitbarkeit der Dateien, die somit lediglich einen Umfang von etwa 300 bis 500 Datenzeilen enthalten. Als Übertragungssoftware diente die standardmäßige Zeiss-Übertragungssoftware: RECPCD.exe, wobei jedes beliebige Terminalprogramm (zum Beispiel Windows HyperTerminal) hierzu verwendet werden kann.

Die ausgelesenen originären Daten (Rohdaten) der Vermessung des »Neuen Schlosses« sind zunächst als Koordinatenlisten und Ergebnisprotokolle ausgedruckt worden. Anschließend wurden die Rohdaten direkt in das zur Planerstellung vorgesehene Programm eingelesen. Am Landesamt für Archäologie wird zur Erstellung von Vermessungs- und Grabungsplänen das CAD-Programm AutoCAD verwendet. Zur Vereinfachung bestimmter AutoCAD-Anwendungen und um bestimmte routinemäßige Operationen auch für ungeübte Benutzer zu vereinfachen, werden verschiedene AutoCAD-Applikationen eingesetzt. Für vermessungsspezifische Anwendungen ist hierfür die Applikation AutoGraph vorgesehen.

Die Problemstellung beim durchgehenden Datenfluß besteht am Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt einerseits in der Verwendung verschiedener Programme und Applikationen zur Datenweiterverarbeitung. Diese benötigen verschiedene Datenformate, so daß in den verwendeten Tachymetern zur Datenaufnahme kein einheitliches Datenformat vor eingestellt werden kann. Andererseits werden zur Datenaufnahme verschiedene Tachymeter und Speichermedien eingesetzt, so daß in den Programmen und Applikationen auch kein einheitliches »Tachymeterformat« eingestellt werden kann. Trotzdem sollten die durch die verschiedenartigen Tachymeter aufgenommenen Daten unterschiedlichen Formats ohne Umformatierung in AutoCAD eingelesen werden können.

Die vermessungsspezifische Applikation AutoGraph bietet die Möglichkeit der »automatischen Grafikerzeugung aus Tachymeteraufnahmen.«¹⁹ Dabei wird auch die Möglichkeit des durchgehenden Datenflusses unterstützt. Zum Einspielen von Daten aus Tachymeteraufnahmen muß neben der betreffenden Koordinatendatei auch eine Formatdatei und eine Grafik-Definitionsdatei ausgewählt werden. Während die Grafik-Definitionsdatei (*.gdd) –unter Berücksichtigung der Codierung– die Erstellung der Grafik steuert, bezieht sich die Formatdatei (*.fmt) auf das spezielle Format der einzuspielenden Datei, also auf das entsprechende Tachymeterformat. Es ist somit möglich, eine Vielzahl entsprechender Formatdateien zu erstellen, die den jeweils verwendeten Tachymetertyp berücksichtigen. Die Tachymeterdaten können auf diesem Wege –zur Planerstellung in AutoCAD– unbearbeitet (als Rohdaten) eingelesen werden.

Verwendete Software zur Darstellung

CAD-Programme bilden nach wie vor den Standard bei der Erstellung großmaßstäbiger Karten und Pläne. Dies gilt sowohl in der Vermessung als auch in anderen plan- bzw. kartenerzeugenden Bereichen. Der Begriff CAD steht dabei für Computer Aided Design und

¹⁹ Egle-Service, 1.

umschreibt das computergestützte Zeichnen, Gestalten und Konstruieren. Als herausragende Merkmale von CAD-Systemen können aufgefaßt werden:

- Erzeugung der Grafik am Computer,
- Verknüpfung der Zeichnung mit rechnerisch ermittelten Daten,
- Möglichkeiten der Speicherung, Archivierung und Verwaltung der Daten,
- Veränderbarkeit der gezeichneten Daten,
- Zusammenfassung der Geometrie in Makros oder Blöcken sowie
- verschiedene Möglichkeiten, grafische Daten zu strukturieren (Ebenenkonzept).

Am Landesamt für Archäologie wird zur Erstellung von Grabungs- und Vermessungsplänen als CAD-Programm ausschließlich AutoCAD der Firma Autodesk (derzeit in den Versionen 14 und 2000) verwendet. Grund dafür ist die Funktionalität und Offenheit dieses Programmes gegenüber eher spezialisierten Programmen – wie beispielsweise die vermessungsspezifischen CAD-Programme GEOGRAF oder Caddy. Zudem spricht der außergewöhnlich akzeptable Preis der Lehr- bzw. Forschungsversion für die Verwendung von AutoCAD an einer Forschungsinstitution. AutoCAD wird am Landesamt für Archäologie auf dem Betriebssystem Windows NT betrieben.

Um komplexe AutoCAD-Operationen und routinemäßig oft anfallende Befehlsfolgen und Anwendungen zu automatisieren oder zu vereinfachen, werden von verschiedenen Softwarefirmen Applikationen für AutoCAD erstellt und vertrieben. Diese branchenspezifischen Applikationen werden speziellen Anforderungen und Anwendungen gerecht, ohne ein starres eigenständiges Softwarekonzept berücksichtigen zu müssen. Die Funktionalität und Offenheit von AutoCAD bleibt erhalten. Von großem Vorteil ist die Verwendung solcher Applikationen, wenn mit CAD-Programmen ungeübte oder ungeschulte Laien (beispielsweise Archäologen oder Grabungstechniker) schnell und ihren Erfordernissen angepaßt Ergebnisse erzielen wollen.

Am Landesamt für Archäologie werden neben AutoCAD die Applikationen AutoGraph von EGLE-EDV-Service-GmbH und AutoVERM 14 DGM von IBB (Ingenieurbüro Battefeld) verwendet.

Die Applikation AutoGraph berücksichtigt vor allem vermessungsspezifische Anwendungen wie eine integrierte Punktverwaltung (Punkte einspielen, ausspielen, manipulieren, listen, filtern, erzeugen), Blockoperationen (Blöcke und Symbole maßstabsabhängig anpassen, transformieren, drehen, austauschen), Zeichenfunktionen (Böschungen, Mauern, Zäune), Planrahmengestaltung (Gitternetz, Stempel, Legende), Berechnungen (Helmert-Transformation, Klotoidenberechnungen) oder aber die automatische Grafikerzeugung aus Tachymeteraufnahmen (automatische Erzeugung von Linien, Kurven, Symbolen, Texten).

Die Applikation AutoVERM DGM unterstützt vorrangig die Arbeit bei der Erstellung und Bearbeitung digitaler Geländemodelle, wie die automatische Dreiecksvermaschung, die Erstellung verschiedener Gitteroberflächen, die Erzeugung von Höhenlinien und deren Bearbeitung, aber auch die Generierung von Geländeprofilen, Volumenberechnungen oder die Verschneidung von Flächen.

Um im Rahmen dieser Arbeit die Funktionalität der Applikationen zu prüfen und eine optimale Anwendungsform zu finden, wurden zur Erstellung der Darstellungen das

Programm AutoCAD 14 sowie die Applikationen AutoGraph 3.0 und AutoVERM 14 DGM angewendet.

Der Lageplan

Ein Lageplan, d. h. ein Plan mit der ausschließlichen Darstellung der Lagesituation und ohne Darstellung des Geländereiefs, beinhaltet in aller Regel nur einen Teil des aufgenommenen Geländes. Derartige Pläne werden entweder zu Übersichtszwecken erstellt oder aber wenn das Geländereief keinen oder wenig Informationsgehalt bezüglich des darzustellenden archäologischen Denkmals besitzt. Bei der überwiegenden Mehrzahl der archäologischen Denkmale beinhaltet aber gerade das Geländereief einen Großteil der denkmalspezifischen Information, so daß auf eine ausschließliche Darstellung der topographischen Elemente verzichtet werden kann.

Für die Darstellung des »Neuen Schlosses« war aus den erwähnten Gründen die Erstellung eines Lageplanes nicht vorgesehen, da hier das Geländereief einen Großteil der Informationen zum Denkmal beinhaltet. Die topographischen Elemente, wie beispielsweise Gebäude, Wege und Straßen, sind historisch nicht relevant und dienen letztlich nur der Orientierung und der Übersichtlichkeit auf der Karte. Trotzdem bildet die Erstellung und Vervollständigung der ausschließlich die Lage repräsentierenden Elemente einen notwendigen Zwischenschritt bei der Erstellung des endgültigen archäologischen Planes.

Nachdem alle Daten in AutoGraph eingelesen worden waren, entstand auf der Basis der im Feld erstellten Codierung und der beim Einlesen ausgewählten Grafik-Definitionsdatei (LFA.gdd) zunächst eine zweidimensionale Grafik. Diese enthielt alle aufgenommenen Meßpunkte (VP's) mit den dafür vorgesehenen Symbolen und den dazugehörigen Punktnummern (Anschriebe) im entsprechenden Layer (zum Beispiel: VP1... VPn), alle aufgenommenen und codierten Linienverbindungen im entsprechenden Layer (zum Beispiel: 13_ Straße) und die eingegebenen textlichen Zusatzinformationen im Layer »Bemerkungen«.

Dabei ist durch die Codierung und die Grafik-Definitionsdatei bereits ein entsprechendes Layerkonzept verwirklicht worden, welches im Rahmen der anschließenden Bearbeitung sukzessiv und nach Bedarf vervollständigt werden mußte. Das Layer- oder auch Ebenenkonzept bei CAD-Software dient vornehmlich der Datenstrukturierung oder -differenzierung, wobei objekt-orientiert oder auch zeitlich-orientiert strukturiert werden kann. Diese Gliederungsmöglichkeiten dienen im wesentlichen der übersichtlichen Bearbeitung, einer gemeinsamen Edition oder Parameteränderung, dem differenzierten Datenaustausch oder der differenzierten Datenzusammenstellung für die Datenausgabe.

Die in AutoGraph entstandene Rohform der Grafik – mit allen Meßpunkten (VP's) und Linienverbindungen – dient in erster Linie der Kontrolle der Geländeaufnahme am Bildschirm. Diese war insofern notwendig, da zum einen auf eine Feldrißführung verzichtet wurde und zum anderen die Objekte aufgrund ihrer Ausdehnung von mehreren Standpunkten aus aufgenommen werden mußten. Damit bestand die Möglichkeit, daß Teilbereiche im Gelände versehentlich nicht gemessen oder andere Bereiche überschnei-

dend gemessen wurden. Im ersten Fall hätten Nachmessungen in den betreffenden Bereichen durchgeführt werden müssen, um die Punktdichte zu erhöhen.

Bei Ansicht der »Rohgrafik« zeigte sich, daß sämtliche Bereiche im Rahmen der Vermessung berücksichtigt worden sind und daß die Punktdichte überall ausreichend gewählt wurde. Lediglich einige Linienüberschneidungen (topographische Linien und Geländelinien) waren vorhanden, die in ihrem Verlauf jedoch nicht signifikant voneinander abwichen. Die überschüssigen Linienelemente wurden gelöscht, die betreffenden Meßpunkte als Geländepunkte verwendet und die Linienteilstücke anschließend miteinander verbunden. Im Ergebnis entstand ein einfacher Lageplan mit allen, die topographische Situation repräsentierenden Linien und den durch die Codierung entstandenen Linienobjekten (Böschungsschraffur). Die Layer der Bemerkungen und der Punktanschriften konnten abschließend ausgeschaltet werden.

Diese Lage- und Situationsgrafik diente als Ausgangspunkt für eine dreidimensionale Grafik. Auf der Grundlage der Meßpunkte (VP₀ bis VP_n) wurden mit dem AutoGraph-Befehl: »Punktverwaltung/Höhenpunkte erzeugen (HPMACH)«, Höhenpunkte erzeugt und in einem zuvor festgelegten Layer abgespeichert. Die VP's wurden anschließend mit der AutoCAD-Layersteuerung ausgeschaltet, da sie keine weitere grafische Funktion besitzen.

Anschließend mußten alle höhenrelevanten Linien umgewandelt werden. Die Applikation AutoGraph arbeitet zunächst nur mit 2D-Polylinien, die zur weiteren Bearbeitung in einem digitalen Geländemodell in 3D-Polylinien umgewandelt werden müssen. Mit dem AutoGraph-Befehl: »Zeichnen/3D-Polylinie aus 2D-Objekt (mach3D)« können die nun dreidimensionalen Linien in einem zuvor festgelegten neuen Layer abgelegt oder die originale Layerstruktur kann beibehalten werden. Da die ausgewählten Linien in der anschließenden Bearbeitung ausschließlich als Bruchkanten verwendet werden sollten, wurden sie im Layer »3D_Bruchkanten« abgelegt.

Die nun erzeugten dreidimensionalen Grafikelemente (Höhenpunkte und Bruchkanten) waren die Grundlage für die weitere Bearbeitung zum digitalen Geländemodell. Alle übrigen Elemente konnten mit der Layersteuerung ausgeschaltet werden.

Digitales Geländemodell (DGM)

Digitale Geländemodelle – computergestützt erzeugte Abbilder des Reliefs der Erdoberfläche in drei Dimensionen (Walter 1996) – spielen inzwischen eine immer größere Rolle bei der Darstellung von Geländeformen. Die Vorteile bei der Verwendung von digitalen Geländemodellen liegen dabei auf der Hand. Einerseits lassen sich aus dreidimensionalen Darstellungen Höhen-, Neigungs- und Krümmungsverhältnisse ableiten, Sicht- und Verdeckungsverhältnisse können geprüft werden. Andererseits bilden digitale Geländemodelle die Voraussetzung für weitere, daraus abgeleitete Darstellungen und Informationen, wie beispielsweise Höhengichtlinien, Profilschnitte oder Volumenberechnungen (vgl. Walter 1996).

Herkömmliche kartographische Darstellungen des Geländereiefs mittels Höhengichtlinien können dabei jedoch durch digitale Geländemodelle nicht ersetzt, sondern lediglich ergänzt werden. Dies gilt auch für die Darstellung archäologischer Denkmale, wo sogenannte Höhengichtlinienpläne mit topographischer Information und fachspe-

zifischer Information/Interpretation der Reliefstrukturen einen wesentlichen Inhalt der Plan- oder Kartendarstellung ausmachen. Vor allem die Vergleichbarkeit verschiedener Denkmale zur wissenschaftlichen Bearbeitung, gesetzt den Fall, daß die Kartendarstellung weitgehend normiert ist, spricht für herkömmliche kartographische Darstellungsformen. Als Interpretationshilfe zu diesen Karten, zur besseren Visualisierung des Gesamtdenkmals oder von Teilbereichen, oder aber als Berechnungsgrundlage für aus dem DGM abgeleitete Darstellungen und Informationen sollten inzwischen auch in der Archäologie digitale Geländemodelle unentbehrlich sein (Dewilde u. a. 1994; Buthmann u. a. 1998).

Bei der Berechnung digitaler Geländemodelle werden zumeist zwei verschiedene Verfahren angewendet. Zum einen wird auf der Grundlage der erfaßten Reliefpunkte eine Approximation des Geländes in gitterförmiger Punktanordnung durchgeführt. Der Gitterpunktabstand (Maschenweite) ist dabei von der gewünschten Genauigkeit der Approximation an die Geländeoberfläche und vom vertretbaren Rechen- und Speicheraufwand abhängig. Alternativ werden die gemessenen Reliefpunkte mittels einer Triangulation miteinander vermascht, d. h. benachbarte Punkte werden zu Dreiecken verbunden. Um festzulegen, welche Punkte miteinander zu Dreiecken verbunden werden, lassen sich verschiedene Möglichkeiten ins Auge fassen. Grundsätzlich sollen die Dreiecke so gleichseitig wie möglich sein.

Zumeist wird die Methode nach Delaunay angewendet (vgl. Hake/Grünreich 1994, 324). Eine wesentliche Eigenschaft der Delaunay-Dreiecke besteht darin, daß sich innerhalb des Umkreises des Dreiecks kein anderer Netzpunkt befindet.

Ein Vorteil der Dreiecksvermaschung liegt in der Möglichkeit, wichtige Geländelinien, Strukturlinien oder Bruchkanten berücksichtigen zu können. Während sich bei der Approximation des Geländes das Gitternetz lediglich an die originären Meßwerte annähert und gemessene Punkte oder Linien nicht Bestandteil des Netzes sind, werden bei der Dreiecksvermaschung die originalen Punkte und Linien ausdrücklich als Bestandteil des Netzes berücksichtigt. Wenn der »Geradengrundsatz« bei der Messung berücksichtigt wurde, entsteht bei der Dreiecksvermaschung ein optimal an das Gelände angepaßtes Netz, während sich Gitternetze dem Gelände lediglich genähert »anschmiegen«.

Am Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt wird zur Erstellung und Bearbeitung digitaler Geländemodelle die AutoCAD-Applikation AutoVERM DGM verwendet. AutoVERM DGM arbeitet ebenfalls nach den Delaunay-Kriterien (IBB 1998, 5). Für die Erstellung digitaler Geländemodelle können in AutoVERM DGM verschiedene Oberflächen modelliert werden. Aus jeder der modellierten Oberflächen können anschließend Isolinen (Höhenschichtlinien), Volumen- und Profilberechnungen oder auch Höhen- und Neigungsanalysen abgeleitet werden.

Bei der AutoVERM-Dreiecksvermaschung (TIN=Triangulated Irregular Network) werden die Punkte so miteinander verbunden, daß der Abstand des zu jedem Dreieckspunkt definierten Kreises minimiert wird. Dadurch werden die Dreiecke so gleichseitig wie möglich erzeugt (IBB 1998, 5). Die Gitterelemente der Dreiecksvermaschung können in Form der AutoCAD-Elemente: Linie, 3D-Fläche oder Polylinie nur angezeigt oder in einen aktuellen Layer gezeichnet werden.

Das AutoVERM-Gitter (Viereck-Gitter) besteht aus einer Menge von Scheitelpunkten, rechtwinklig aufgeteilt in die X- und Y-Achsen mit den Z-Werten, die mit der Gelände-

oberfläche mehr oder weniger konform gehen (IBB 1998, 7). Diese Methode beachtet nicht die eingegebenen originalen Meßwerte, da die Scheitelpunkte im allgemeinen nicht Teil der Gittereckpunkte sind.

Das Gitter kann durch verschiedene Methoden abgeleitet werden.

Die Standard-Methode schließt die Berechnung polynomischer Gleichungen einzelner Flächen aus der Dreiecksvermaschung ein. Dabei kann die nullte, die erste oder die zweite Ableitung für jedes Dreieck berechnet werden. Bei der nullten Ableitung verhält sich das Gitter nahezu planar zur Dreiecksvermaschung, die erste und die zweite Ableitung produziert eine glatte beruhigtere Fläche.

Die Maschenweite (Zellgröße) und die Zellenanzahl kann automatisch oder frei gewählt werden. Dabei ist zu beachten, daß je kleiner die Zellengröße gewählt wird, sich das Gitter um so optimaler an die Oberflächenform anschmiegt. Gleichzeitig vergrößert sich aber automatisch die Zellenanzahl, so daß der Rechen- und Speicheraufwand erheblich anwachsen kann.

Zusätzlich kann in AutoVERM eine Oberfläche mit einem Dreiecksgitter gebildet werden. Dieses berücksichtigt –ähnlich der Dreiecksvermaschung– die festgelegten Bruchkanten. Die Meßpunkte hingegen werden nicht als Gitterelemente berücksichtigt. Dadurch entsteht in Geländebereichen, die nur durch Meßpunkte repräsentiert sind, ein sich annäherndes Gitter, während Gefällewechselkanten/Bruchkanten unverändert als Bestandteil des Gitters erhalten bleiben.

Für die Darstellung der Vermessungsergebnisse der Aufnahme des »Neuen Schlosses« sind verschiedene Endprodukte geplant gewesen. Einerseits sollten Höhenschichtlinien (Isolinien) das Geländere relief in einem archäologisch-topographischen Plan repräsentieren. Andererseits sollten verschiedene dreidimensionale Darstellungen (digitale Geländemodelle) die Möglichkeiten der Visualisierung und der Hervorhebung wichtiger Details verdeutlichen.

Für die dreidimensionale Darstellung (digitales Geländemodell) sowie die daraus gebildete fotorealistische Darstellung des »Neuen Schlosses« wurde ein Dreiecksgitter mit einer Maschenweite von 2 m gebildet. Einerseits wirkt ein Dreiecksgitter beruhigter und an das Gelände angeglicher als die Dreiecksvermaschung, die in Bereichen ohne Bruchkanten zum Teil stark schematisiert erscheint. Andererseits werden wichtige Gefällewechselkanten, im Gegensatz zum Viereck-Gitter dennoch berücksichtigt. Um eine optimale und realistische Anpassung der Oberfläche an das originale Gelände zu erhalten, wurde das Dreiecksgitter mit der Standard-Methode in der nullten Ableitung gebildet. Die festgelegte Gittergröße von 2 m liegt noch im Bereich zwischen der Punktdichte der Geländeaufnahme.

Bei der automatischen Festlegung der Maschenweite durch AutoVERM legte das Programm eine Maschenweite von ~4,65 m fest, was zu einem zu grobmaschigen Netz führte. Leider wird im Benutzerhandbuch kein Hinweis auf die Kriterien bei der automatischen Festlegung der Maschenweite gegeben. Es war daher notwendig, durch sukzessives Annähern eine optimale Form zu finden. Die Möglichkeit, die digitalen Geländemodelle zunächst nur zeichnen zu lassen, ohne daß speicherintensive AutoCAD-Elemente gebildet werden, war hierbei von Vorteil. Auch zeigte sich im Rahmen der Bearbeitung, daß die Maschenweite nicht beliebig verkleinert werden kann, da dadurch die Dateigröße und damit in Zusammenhang die Rechenzeiten außerordentlich anwachsen.

Höhenschichtlinien

Die Darstellung des Geländereliefs mittels Höhenlinien oder Höhengschichtlinien (Isolinien) stellt nach wie vor den Standard in archäologischen Karten und Plänen dar. Höhengschichtlinien sind »alle Linien, die durch den Schnitt von Niveauflächen mit der Geländeoberfläche entstehen (Hake/Grünreich 1994, 381).« Sie können auch als Verbindungslinien zwischen benachbarten Punkten gleicher Höhe aufgefaßt werden. Höhengschichtlinien entstehen durch zeichnerische oder rechnerische Interpolation aus Kartierungen oder digitalen Geländemodellen oder direkt aus der stereoskopischen Luftbilddauswertung. Im Zusammenhang mit Situationsdaten sind Höhengschichtlinien eine optimale Form zur Gewinnung von Höheninformationen aus einer Karte.

Höhenschichtlinien können »per Hand« (zeichnerisch/rechnerisch) oder computer-gestützt erstellt werden. Die manuelle Interpolation hat vor allem den Vorteil, daß hierbei Erfahrungen und Beobachtungen des Zeichners mit in die Reliefdarstellung einfließen können, während bei der computer-gestützten Interpolation mathematische Ansätze verwendet werden, die unter Umständen zu einem nicht aussagekräftigen oder auch falschen Höhenlinienbild führen.

Trotzdem ist der computer-gestützten Erstellung von Höhengschichtlinien der Vorzug zu geben, da hiermit Darstellungen effektiv erstellt und die Ergebnisse als Daten weiter verarbeitet werden können. Untersuchungen zwischen manuell erstellten Höhengschichtlinienbildern und computer-gestützt erstellten Höhengschichtlinienbildern haben gezeigt, daß moderne Programme inzwischen ein der Handzeichnung vergleichbares Bild ergeben (Heinze u. a. 1999). Der jeweilige mathematische Ansatz sollte jedoch berücksichtigt und die Höhenlinien unter Umständen noch nachgearbeitet werden.

Computerprogramme erzeugen Höhenlinien zumeist auf der Basis eines zuvor gebildeten digitalen Geländemodells. Hierbei wird für jede gebildete Fläche oder Masche des DGM der minimale und der maximale Höhenwert der Eckpunkte und das Intervall der dazwischen liegenden Höhengschichtlinien bestimmt. Mit Hilfe einer linearen Interpolation werden nun die Schnittpunkte zwischen den Maschen- oder Flächenkanten und den Höhengschichtlinien gefunden. Diese Schnittpunkte werden anschließend mit einer möglichst glatten Kurve miteinander verbunden. Dabei ist zu beachten, daß sich Höhengschichtlinien nicht schneiden dürfen. Die Bruchkanten müssen berücksichtigt werden.

Bei der am Landesamt für Archäologie verwendeten Applikation AutoVERM DGM können für die Erstellung von Höhengschichtlinien alle drei Oberflächenformen des digitalen Geländemodells verwendet werden. Dabei kommen alle drei Methoden zu vergleichbaren Ergebnissen. Die Höhengschichtliniendarstellung auf der Basis eines Viereckgitters wirkt durch die Nichtbeachtung der Bruchkanten insgesamt beruhigter.

Für den archäologischen Plan des »Neuen Schlosses« wurden die Höhengschichtlinien auf der Basis der Dreiecksvermaschung erstellt, da hier in jedem Fall die originalen Meßwerte (Meßpunkte und Bruchkanten) Bestandteil des DGM sind. Die Geländeoberfläche und die Dreiecksflächen zur Interpolation der Höhenlinien passen sich dem Gelände original an, wenn bei der Vermessung der Geradengrundsatz berücksichtigt worden ist. Die dadurch entstandenen unrealistischen Ecken und Knicke wurden durch das programm-gesteuerte Ausrunden der Höhenlinien weitgehend beseitigt.

Nach der Erstellung der Höhenlinien mit AutoVERM DGM wurden diese als AutoCAD-Element »Spline« (durch Stützpunkte verlaufende binominale Interpolationskurve) im

aktuellen Layer abgelegt. Jeder Spline kann anschließend noch separat mit den entsprechenden AutoCAD-Befehlen bearbeitet werden. So war es vereinzelt notwendig, einige Höhengichtlinien (Splines) durch geringes Verschieben der Stützpunkte zu runden. Auch bei langgezogenen Reliefobjekten, bei denen viele kleine geschlossene Höhenlinien gleicher Höhe hintereinander liegen, wurden diese zu einer Höhenlinie zusammengefaßt. Verschiedene Höhengichtlinien mußten, wenn sie topographische Objekte schneiden (Straße, Weg, Gebäude), an den Schnittpunkten unterbrochen werden.

Die Beschriftung einiger Höhenlinien an ausgewählten Stellen erfolgte mit dem AutoVERM Befehl: Option Isolinien/Isolinien beschriften. Hierbei werden die entsprechenden Höhengichtlinien an der gewünschten Stelle unterbrochen und die zugehörige Höhenzahl in einer zuvor festgelegten Schrift eingefügt.

Als Äquidistanz der Höhengichtlinien wurde 0,5 m gewählt. Einerseits erzeugte eine kleinere Äquidistanz (zum Beispiel 0,25 m) in Bereichen mit großem Gefälle ein zu dichtes Höhenlinienbild. Andererseits führte vor allem in relativ unbewegtem Gelände eine größere Äquidistanz (> 0,5 m) zu stark vereinzelt Höhengichtlinien, so daß das Gelände nicht anschaulich genug wiedergegeben worden wäre.

Lage- und Höhengichtlinienplan

Ein anzustrebendes Ergebnis der Vermessung des »Neuen Schlosses« war die Erstellung einer archäologischen Karte mit dem Geländereief in Form von Höhengichtlinien. Dabei handelt es sich um eine großmaßstäbige topographische Karte, die zum Zweck der wissenschaftlichen Auswertung und Interpretation thematische Informationen beinhalten muß. Der Inhalt einer solchen Karte gliedert sich im allgemeinen in die Darstellung der Situation, des Geländereiefs und der Schrift. Außerdem sind die Kartenrandangaben und der Kartenrahmen wichtige Bestandteile.

Unter der Situation sind alle topographischen Objekte mit Ausnahme der Geländeoberfläche (zum Beispiel Verkehrswege, Gebäude) zu verstehen, die aufgrund des angestrebten großen Maßstabes grundrißgetreu und nicht generalisiert dargestellt werden müssen.

Unter dem Gelände oder dem Relief versteht man die Grenzfläche zwischen der Luft und der Erdoberfläche (oder Wasser), also die Gesamtheit der räumlichen Oberflächenform. Auf einer Karte wird diese zweidimensional verebnet dargestellt. Als Grundlage für die Darstellung dient ein graphischer Entwurf oder ein digitales Geländemodell.

Möglichkeiten der Geländedarstellung in Karten sind:

- Seiten- oder Schrägansichten,
- Schraffen,
- Schummerungen/Schattierungen,
- Formzeichen,
- Höhengichtlinien (auch farbige Höhengichtlinien) sowie die
- Kombinationen der verschiedenen Darstellungsformen.

Für kartographische Darstellungen archäologischer Objekte im großmaßstäbigen Bereich wird vorrangig eine Kombination aus Höhengichtlinien und Schraffen zur Dar-

stellung der Geländeoberfläche angewandt. Schraffen verlaufen als Falllinien in Richtung des stärksten Gefälles. Sie sind in horizontalen Reihen angeordnet, ihre Länge hängt von der Geländeneigung ab. Schraffen beinhalten keine absoluten Höhenangaben, so daß zusätzlich noch Höhenschichtlinien verwendet werden. In der Kartographie werden Schraffen zumeist nicht mehr zur Darstellung der Geländeoberfläche benutzt, da sie zum einen einen hohen Zeichenaufwand erfordern und zum anderen die Kartenfläche so stark belasten, daß die Lesbarkeit der anderen Darstellungen beeinträchtigt wird (Hake/Grünreich 1994, 381).

Im Rahmen der Darstellung archäologischer Denkmale erfreut sich die Anwendung von Schraffen jedoch großer Beliebtheit. Ein Grund mag die bessere Lesbarkeit von Schraffen gegenüber Höhenlinienbildern auch für Laien sein. Der wesentliche Grund liegt meiner Meinung nach jedoch in der Möglichkeit, mit Hilfe dieser Schraffen fachspezifische Interpretationen des Geländes kartographisch darzustellen, ohne dabei an einen unmittelbaren objektiven räumlichen Bezug gebunden zu sein. Beispielsweise werden Linearschraffen zur Darstellung moderner künstlicher Böschungen verwendet. Keilschraffen dokumentieren historische künstliche Böschungen. Der damit kartographisch erfaßte Ansatz zu einer relativen Datierung einiger Geländeformen wird zumeist zusätzlich noch durch ungefüllte Keilschraffen für ergänzte Bereiche und ungefüllte, offene Keilschraffen für fragliche oder vermutete historische Geländeformen ergänzt (Müller u. a. 1984, 13). Damit besteht die Möglichkeit, subjektive, fachspezifische Informationen und Interpretationen, die unter Umständen nicht gemessen werden konnten, die aber dennoch wichtige Aussagen zum Denkmal beinhalten, zur weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung in einer Karte darzustellen.

Die Kartenrandangaben und der Kartenrahmen beinhalten ebenso ergänzende Informationen wie den Lagebezug (Kartennetz, Maßstabsleiste, Nordpfeil) oder den Kartentitel (Kartenname, dargestellter Bereich oder aber auch den Maßstab sowie den Zeitpunkt der Aufnahme). Der Nordpfeil wird vor allem bei archäologischen Karten und Plänen regelhaft verwendet, da die kartographischen Darstellungen archäologischer Denkmale sich eher an der Ausdehnung des Denkmals orientieren und nicht zwingend genordet sind. Die Maßstabsleiste dient vor allem bei archäologischen Plänen und Karten zur vereinfachten Darstellung der Maßstabsverhältnisse. Dies ist insofern notwendig, da Karten und Pläne im Zusammenhang mit Publikationen oder anderen Präsentationen meist maßstabsunabhängig verkleinert werden. Abbildungs- oder Layoutgrößen bestimmen hierbei die Größe der Darstellung, so daß lediglich eine Maßstabsleiste die Maßstabsverhältnisse optimal wiedergibt. Eine Legende dient der Erklärung der generalisierten Formen sowie der verwendeten Schraffuren und Symbole.

Die Erstellung der archäologischen Karte für das »Neue Schloss« basiert weitgehend auf den »Zeichenrichtlinien für Topographische Pläne in der archäologischen Denkmalpflege« (Müller u. a. 1984). Diese übergreifende Zeichenrichtlinie ist nicht bindend für die Erstellung archäologischer Pläne vorgeschrieben. Da die Mehrheit der archäologischen Institutionen jedoch überhaupt keine Zeichenrichtlinien erarbeitet haben und um dennoch eine gewisse Vergleichbarkeit unter den kartographischen Darstellungen archäologischer Denkmale zu gewährleisten, wurde diese Zeichenrichtlinie Mitte der 80er Jahre von verschiedenen archäologischen Institutionen erstellt und gilt seit dieser Zeit als Empfehlung.

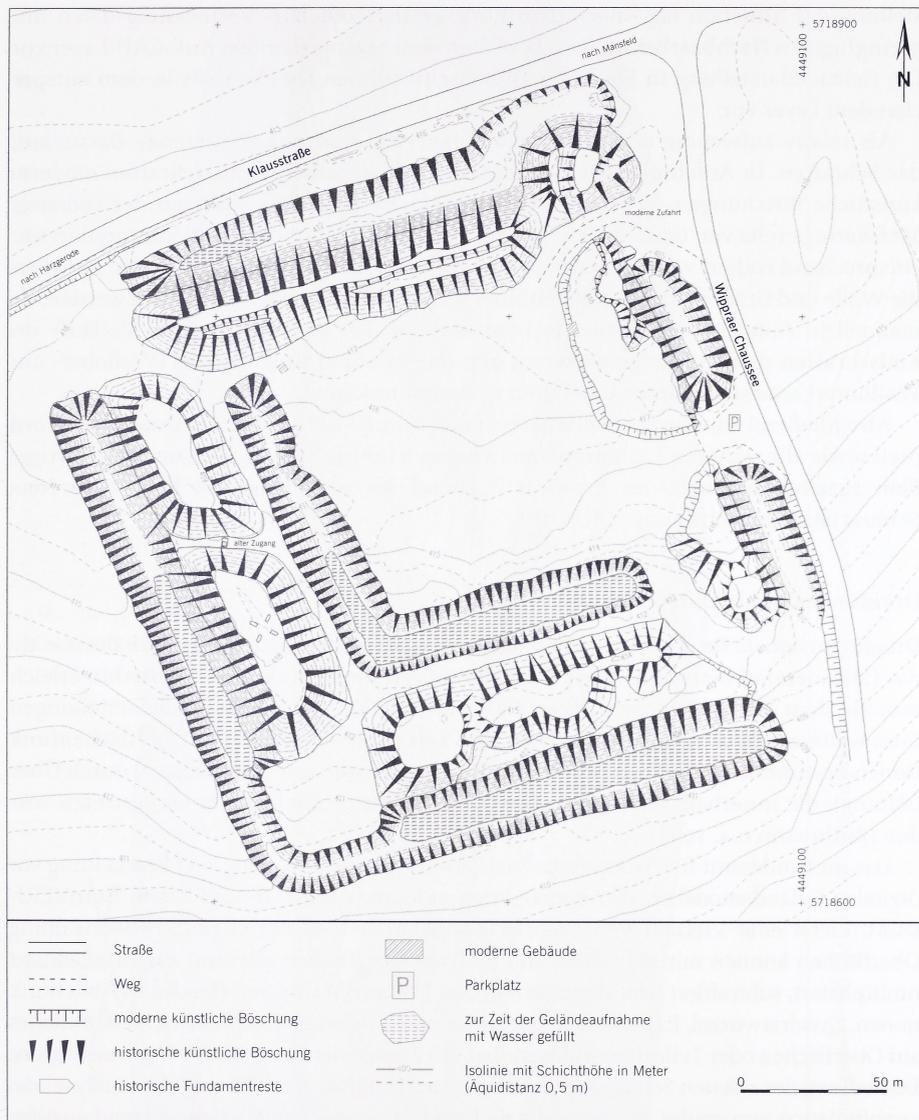


Abb. 9 Das »Neue Schloss bei Braunschwende«, Ldkr. Mansfelder Land. Archäologischer Lageplan.

Am Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt existiert bisher keine eigene Zeichenrichtlinie für topographische Karten archäologischer Denkmale, so daß Karten und Pläne unter Beachtung der oben angeführten Zeichenrichtlinie erstellt werden sollten (z. B. Heinze 1999). Zum Teil muß die Zeichenrichtlinie unter Berücksichtigung des jeweiligen, zur Planerstellung verwendeten Programmes modifiziert werden. Zur Erstellung des archäologischen Planes des »Neuen Schlosses« wurde AutoCAD verwendet. Die Dar-

stellung der Situation lag – nach dem Einlesen der codierten Vermessungsdaten und geringfügigen Nachbearbeitungen – bereits in dem entsprechenden AutoCAD-Layer vor. Die Geländedarstellung in Form der Höhenschichtlinien lag ebenfalls in dem entsprechenden Layer vor.

Als relativ aufwendig erwies sich die ergänzende und interpretierende Darstellung der Schraffen. In Anlehnung an die Zeichenrichtlinie sollten Linearschraffen moderne künstliche Böschungen repräsentieren. Diese lagen nach dem Einlesen der codierten Meßwerte bereits vor, da sie bereits bei der Geländeaufnahme erkannt, interpretiert und entsprechend codiert worden waren. Historische künstliche Böschungen, also vor allem die Wälle und Gräben, sollten mit gefüllten Keilschraffen kenntlich gemacht werden, die manuell in AutoCAD gezeichnet werden mußten. Zur Orientierung der Verläufe der Keilschraffen dienten die gemessenen und dargestellten Bruchkanten (Wallover- und Wallunterkante sowie Grabenober- und Grabenunterkante).

Abschließend wurden im Papierbereich von AutoCAD²⁰ der Kartenrahmen, ein Nordpfeil sowie alle weiteren Kartenranddarstellungen und -informationen zu einem fertigen Plan zusammengestellt. Im Ergebnis entstand der archäologische Plan »Das Neue Schloss bei Braunschwende« (Abb. 9).

Dreidimensionale Darstellungen

Dreidimensionale Darstellungen dienen der Visualisierung bestimmter Verhältnisse, die das Geländere relief betreffen, sowie der Analyse von Detailstrukturen. Weiterhin erleichtern sie dem laienhaften Betrachter die Interpretation der Höhenliniendarstellungen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß mit Hilfe verschiedener Oberflächenfunktionen bestimmte Strukturen hervorgehoben werden können (zum Beispiel durch Überhöhung), die innerhalb der Originaloberfläche nicht deutlich genug hervortreten würden (Buthmann u. a. 1998).

Das im Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt zur Erstellung und Bearbeitung von digitalen Geländemodellen verwendete Programm, die AutoCAD-Applikation AutoVERM DGM, bietet eine Vielzahl von Oberflächenoperationen in der Oberflächenverwaltung. Oberflächen können mit sich selbst, mit anderen Oberflächen oder mit Faktoren addiert, multipliziert, subtrahiert oder dividiert werden. Weiterhin sind verschiedene Winkelfunktionen, Quadratwurzel, Exponenten, Logarithmen und weitere mathematische Funktionen auf Oberflächen oder Teile davon anwendbar. Im Zusammenhang mit der Vermessung und Darstellung des »Neuen Schlosses« wurden keine Funktionen zur Oberflächenanalyse oder -manipulation verwendet, da das originale Relief in seiner Darstellung genügend aussagekräftig war.

Basis für die dreidimensionalen Darstellungen war das digitale Geländemodell. Als Oberfläche diente ein Dreiecksgitter mit einer Maschenweite von 2 m. Nachdem in der AutoCAD-Layersteuerung die betreffenden Layer aus bzw. eingeschaltet worden sind,

²⁰ Einer der beiden Zeichenmodi in AutoCAD. Im Papierbereich wird anders als im Modellbereich beim Entwerfen und Zeichnen das Druck- und Plottlayout erstellt: Vogler 1998, 979.

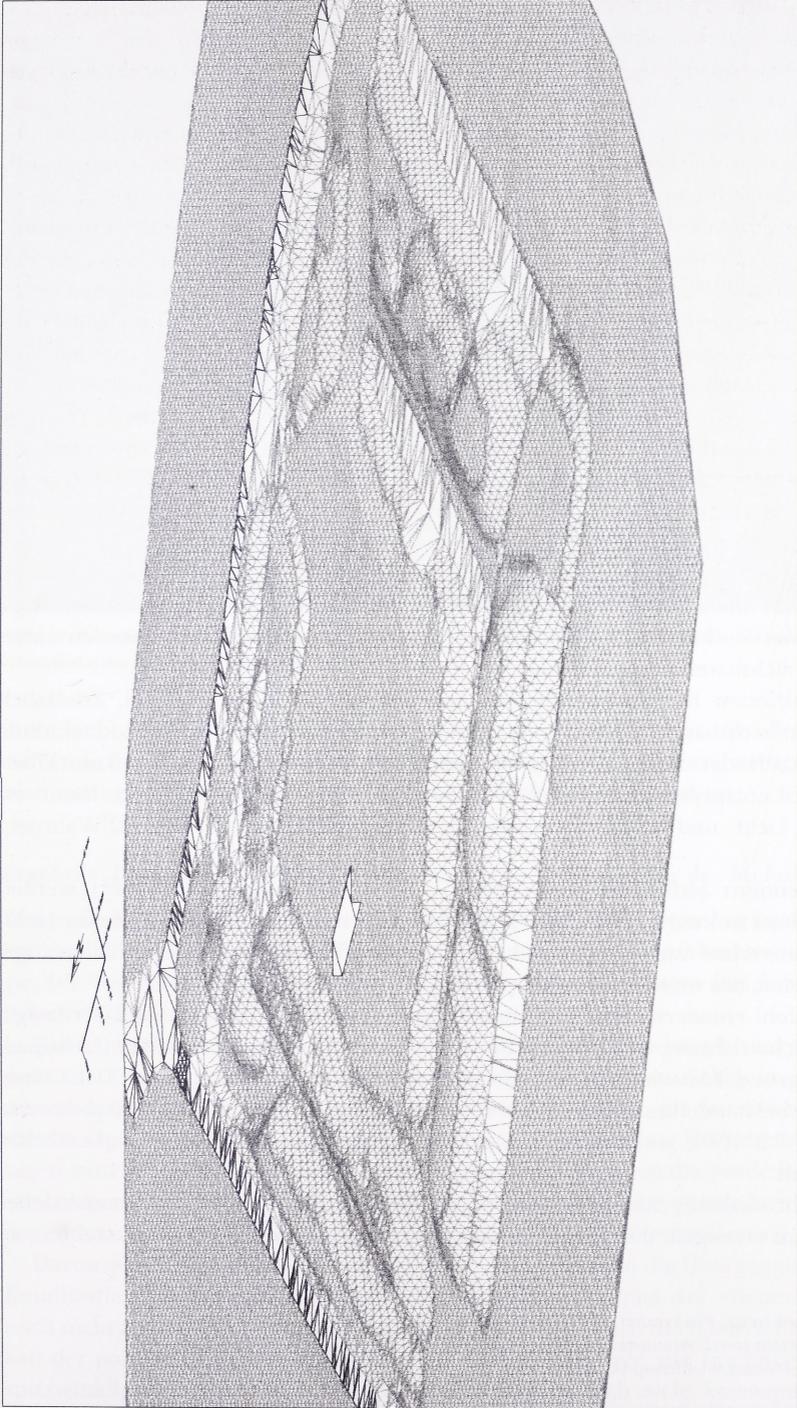


Abb. 10 Das » Neue Schloss bei Braunschwende«, Ldkr. Mansfelder Land. Digitales Geländemodell (Dreiecksgitter).

konnte das Drahtgittermodell (Dreiecksgitter) in verschiedenen perspektivischen Darstellungen angezeigt werden.

Zur Wahl der Ansichtsrichtung und des Ansichtswinkels bezüglich der XY-Ebene bietet AutoCAD verschiedene Möglichkeiten an. Nachdem die Ansichtsrichtung der geplanten Darstellung optimal angepaßt gewählt worden ist, kann der gewünschte Zoom-Ausschnitt festgelegt werden. Im Ergebnis entstehen perspektivische Darstellungen als Drahtgittermodelle (Abb. 10).

Drahtgittermodelle scheinen dabei jedoch zur Visualisierung von Details wenig geeignet zu sein, da vor allem die Durchsichtigkeit des Gitters zu Irritationen in der Darstellung führt. Mitunter ist es schwierig zu erkennen, welche Kanten hinter welchen liegen oder ob eine Darstellung von oben oder von unten vorliegt. AutoCAD bietet hier die Möglichkeit, Linien zu verdecken. Hierbei werden Linien, die durch davorliegende Linien oder Flächen normalerweise verdeckt werden würden, temporär aus der Ansicht entfernt.

Wesentlich anschaulicher ist das Ergebnis, wenn das gesamte Areal – oder nur ein Teilbereich – mit Hilfe einer perspektivischen Darstellung eines Reliefmodells visualisiert wird. AutoCAD bietet hierfür drei verschiedene Methoden im Menue Anzeige: verdecken, schattieren und rendern.

Beim Verdecken werden Drahtmodelle, bei denen alle Kanten sichtbar sind, so bearbeitet, daß das Modell in der aktuell gewählten Ansicht plastisch – also undurchsichtig – betrachtet werden kann. Alle rückseitig gelegenen Kanten und Flächen werden unterdrückt, alle sichtbaren Kanten werden angezeigt.

Bei schattierten Bildern werden ebenfalls verdeckte Kanten entfernt. Zusätzlich werden den sichtbaren Flächen verschiedene Farbschattierungen zugeordnet. Eine Lichtquelle befindet sich hinter dem Betrachter und die Helligkeit der sichtbaren Oberflächen wird entsprechend ihres Winkels zur aktuellen Ansicht berechnet. Damit ergeben sich Licht- und Schattenbereiche, die Hauptindikatoren unserer 3D-Wahrnehmung sind.

Beim Rendern (ermöglichen, darstellen, interpretieren)(Vogel 1998, 715) werden zusätzlich dazu weitere frei wählbare Lichtquellen verwendet, mit deren Hilfe der Licht- und Schattenverlauf variiert werden kann. Den Oberflächen können Materialien zugewiesen werden, um weitere materialtypische Effekte zu erzielen.

Beim Befehl »rendern« wird ein Bild des gewählten Ausschnitts anhand der festgelegten Ansichtsrichtung und mit den entsprechenden Rendereigenschaften (Lichtquellen, Hintergrund, Materialien) am Bildschirm angezeigt oder direkt in eine Datei übertragen. Hierbei handelt es sich dann um ein zweidimensionales Pixelbild (beispielsweise *.TIF oder *.BMP²¹), welches mit einer entsprechenden Software weiterbearbeitet werden kann.

Es besteht somit die Möglichkeit, eine außerordentlich große Vielzahl verschiedener Ansichten zu erzeugen, die jeweils in ihrer Ansichtsrichtung, in ihrem Ausschnitt, in

21 TIF = Tagged-Image File Format (TIFF), flexibles Bitmap Format zum Datenaustausch; BMP = standardisiertes Windows-Bitmap-Format.

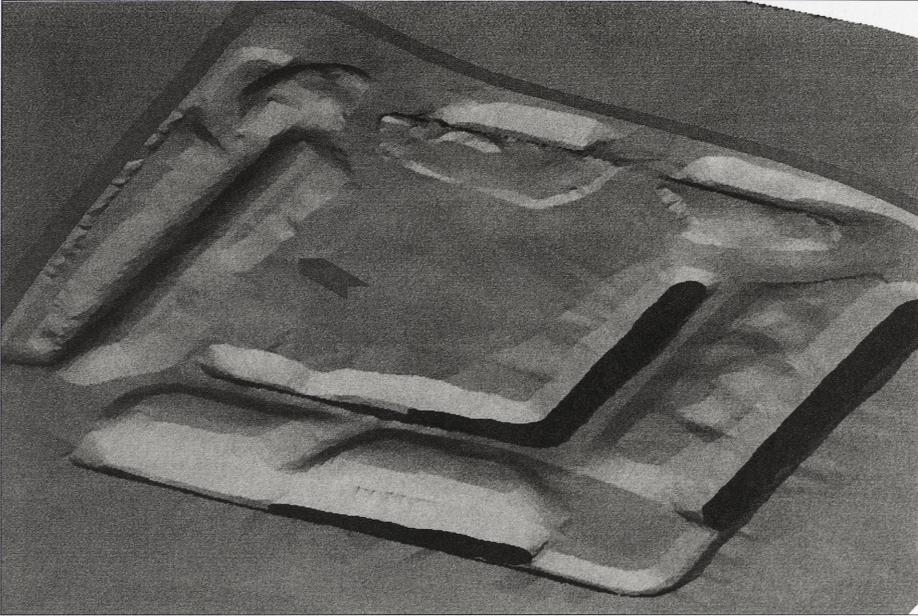


Abb. 11 Das »Neue Schloss bei Braunschwende«, Ldkr. Mansfelder Land. Digitales Geländemodell, fotorealistische (gerenderte) Darstellung.

ihren Licht- und Schattenverläufen oder im Hintergrund variieren. Der Bearbeiter hat die Möglichkeit, durch sukzessives Probieren eine optimale und den jeweiligen Erfordernissen entsprechende Form der Darstellung zu finden (Abb. 11 und 12).

Ergebnis: Datierung und historisch-archäologische Bewertung des Meßobjektes

Zusammenfassend ist die Vermessung und Darstellung archäologischer Denkmale lediglich ein Zwischenschritt bezüglich der Aufgabenstellung des Landesamtes für Archäologie. Die Vermessung und die Darstellung ist eine der Grundlagen für den Schutz, die Dokumentation und die Erforschung archäologischer Denkmale.

Dabei ist der Beitrag zur Erforschung der Denkmale bisher wenig berücksichtigt worden. Im Zusammenhang mit der Vermessung des »Neuen Schlosses bei Braunschwende« zeigt sich, daß verschiedene Geländestrukturen, die bereits bei der Aufnahme 1891 (Schmidt 1894) erkannt worden waren, Bestätigung finden und somit Aussagen zur Historie des Denkmals erlauben. Dies sind vor allem die runde Bastionsform mit entsprechendem Grabenverlauf an der Nordostecke, die polygonale Bastionsform an der Südwestecke sowie der schräge Zugang in der Mitte des Westalles.

Davon ausgehend muß die Entstehung der Anlage etwa in die Übergangszeit von der Rundbastion zur polygonalen Bastion fallen, die am Beispiel des »Neuen Schlosses« noch nicht an jeder Ecke Verwirklichung gefunden hat. Auch die relative Rechtwinkligkeit der polygonalen Südwestbastion zeigt, daß die Ansätze, die zur Entstehung eher spitzwinkliger polygonaler Bastionen geführt haben, noch nicht konsequent verfolgt



Abb. 12 Das »Neue Schloss bei Braunschwende«, Ldkr. Mansfelder Land. Digitales Geländemodell, fotorealistische (gerendete) Darstellung, Detail der Nordostecke.

worden sind. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse ist von einer Entstehung etwa in der Mitte des 16. Jh. (um 1550) auszugehen. Dies findet durch die Lage und Form dieses bastionierten Schlosses auf einer mäßig ansteigenden Hochfläche und durch die schräge Zufahrt im Westwall Bestätigung.

Mit Bezug auf den vermutlichen Erbauer Graf Albrecht VII. von Mansfeld-Hinterort kommt für die Erbauung lediglich die Zeit vor der Verbannung Albrechts, also vor 1547, oder der Zeitraum von der Rückkehr Albrechts (1552) bis zu seinem Tod (1560) in Betracht. Durch die Tatsache, daß beim Ausbau der Festung Heldrungen (1537) und noch bis 1549 – beim Ausbau der Befestigungswerke der Festung Mansfeld im Zusammenhang mit dem Schmalkaldischen Krieg – ausschließlich runde Bastionsformen Anwendung gefunden haben (Roch 1992), wird der vermutliche Zeitraum der Erbauung weiter eingeschränkt. Damit kommt als mögliche Bauzeit lediglich die Zeit zwischen 1552 und 1560 in Betracht.

Da die Rammelburg bereits 1554 alternativ an Stelle des »Neuen Schlosses« ausgebaut worden war, kann dessen Entstehung auf die Jahre 1552 und 1553 eingegrenzt werden.

Die neuerliche Vermessung bestätigte den bereits bei J. Schmidt (1894, 26) dokumentierten Geländesprung auf der Innenseite des nördlichen Walles. Die Frage, ob es sich hierbei um den Ansatz einer Brustwehr handelt, ob an dieser Stelle ein gedeckter Gang geplant gewesen war oder ob es sich lediglich um einen nicht fertiggestellten Bereich des Walles handelt, muß offen bleiben.

Interessant sind die dokumentierten Veränderungen am Objekt innerhalb der letzten einhundert Jahre, also im Zeitraum zwischen der Vermessung 1891 und der Vermessung im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. So ist bei J. Schmidt (1894) der Ostwall noch weitgehend vollständig dargestellt und auch der östliche äußere Graben verläuft durchgehend. Der Einschnitt im Ostwall ist vergleichsweise schmal. Im rezenten Zustand ist der äußere Graben an dieser Stelle verfüllt und der Wall relativ weitflächig unterbrochen worden. Hinzu kommen Abtrag und Einplanierung des gesamten inneren Teiles des Walles. Diese Veränderungen stehen wohl in Zusammenhang mit der Nutzung der Innenfläche des »Neuen Schlosses« zur Deponierung von Bauschutt²². Offensichtlich mußte neben der modernen Zufahrt an der Nordostecke noch eine weitere Ausfahrt geschaffen werden, was zu einer Beeinträchtigung der Denkmalsubstanz führte.

Diese Vermutung bestätigte sich im Rahmen der intensiven Geländebegehung mit dem Reflektor bei der Geländeaufnahme, da an der Stelle des modern verschütteten Grabens das Erdreich relativ weich und mit Bauschutt durchsetzt angetroffen wurde. Auch der relativ ausgebogene Verlauf der Innenkante des westlichen inneren Grabens, der bei J. Schmidt (1894) noch geradlinig dargestellt wurde, konnte in diesem Zusammenhang interpretiert werden. Die Geländeaufnahme zeigte, daß sich unter der bodennahen Vegetation vornehmlich Bauschutt befand, der in diesem Bereich zum Teil in den Graben verfüllt worden war.

Der Nord-, West- und Südteil der Wall- und Grabenanlage ist jedoch zumindest innerhalb der letzten einhundert Jahre unverändert geblieben, so daß hier der Originalzustand zum Zeitpunkt des Bauabbruchs dokumentiert zu sein scheint.

Summary

Research on technical surveying in the recording of an archaeological monument , an example: The New Castle at Braunschwende, District of Mansfeld

In this contribution, the early modern castle and fortifications of the »Neues Schloß« (New Castle) at Braunschwende, District of Mansfeld, is used as an example to show the current possibilities of technical surveying in the recording of archaeological field monuments employed at the State Office of Archaeology, Saxony-Anhalt.

Additionally, possibilities are shown how, as a result of the surveying and cartography, statements may be made concerning the history of the surveyed structure. The recording and graphic representation therefore provide a contribution to the historical scientific interpretation and investigation.

The contents discussed are, in addition to the introductory presentation of the topic: surveying and archaeology, the description of the surveyed site, the research history, general observations on the technical recording of archaeological monuments and the results of the recording and graphic representations of the »New Castle«. The surveyed site is historically evaluated.

²² J. Schmidt spricht noch 1894 von einer Nutzung der Innenfläche als Acker (Schmidt 1894, 24).

Literatur

Bader/Wild 1998

C. Bader/W. Wild, Die topographische Vermessung von Bodendenkmälern. In: MILLE FIORI. Festschr. Ludwig Berger. Forsch. Augst 25 (Augst 1998) 227–233.

Bahn 1982

B. W. Bahn, Die Burgen in Südhüringen und ihre Vermessung. Arbeits- u. Forschber. Sächs. Bodendenkmalpfl., Beih. 17 = Beitr. Ur- u. Frühgesch. 2, 1982, 409–425.

Beex 1991

W. F. M. Beex, Computerzeichnungen in der Archäologie. Arch. Inf. 14 I, 1991, 86–98.

Beex 1995

W. F. M. Beex, From Excavation drawing to archaeological playground: CAD applications for excavations. In: J. Wilcock/K. Lockyear (Hrsg.), Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993. BAR Internat. Ser. 598 (Oxford 1995) 101–108.

Benedikt u. a. 1993

H. Benedikt/H. Gerner/H. Kerscher/A. Schließer, Zur Vermessung des mittelalterlichen Eisenerzabbaureviers »Grubet« bei Aichach – ein Zwischenbericht. Arch. Jahr Bayern 1992, 1993, 177–180.

Berger/Lochter 1995

M. Berger/F. Lochter, Fernerkundung und Geophysik im Dienste der Archäologie. Arch. Berlin u. Brandenburg 1993/1994, 1995, 39–41.

Biller 1984

T. Biller, Das »Bastionierte Schloss« als Bautypus des 16. Jahrhunderts. In: V. Schmidtchen (Hrsg.), Festung, Ruine, Baudenkmal. Festungsforsch. 3 (Wesel 1984) 25–48.

Böhler/Heinz 1998

W. Böhler/G. Heinz, Vermessungstechnische Methoden in der archäologischen Dokumentation. Arbeitsbl. Restauratoren 1, 1998, 51–58.

Böhler/Heinz 1999

W. Böhler/G. Heinz, Vermessungstechnische Methoden in der archäologischen Dokumentation – Teil 2. Arbeitsbl. Restauratoren 2, 1999, 356–365.

Breuer 2000

P. Breuer, GEOgraf bei den Römern. Archäologisch-topographische Vermessung römischer Militärlager aus dem 2. Jahrhundert vor Christus bei Renieblas/Kastilien in Spanien. HOTpages 2, 2000, 26–27.

Brunner u. a. 1978

H. Brunner/H. Götz/K. Böhlig, Kartenkunde. Lehrbuch für Kartographiefacharbeiter – Teil 1 (Gotha, Leipzig 1978).

Buthmann/Posluschny 1998

N. Buthmann/A. Posluschny, Miteinander statt nebeneinander. Neue Wege bei der Erforschung und Inventarisierung mittelalterlicher Burgen. Burgen u. Schlösser 38,2, 1998, 76–80.

Buthmann u. a. 1998

N. Buthmann/N. Goßler/A. Posluschny/H. Valand/B. Zickgraf, Moderne Prospektionsmethoden in der Burgenforschung. Archäologische Untersuchungen an der mittelalterlichen Burganlage von Lahntal-Brungershausen, Hessen. Burgen u. Schlösser 38,2, 1998, 80–87.

Coblenz 1957

W. Coblenz, Die Burgen der Rauhen Furt und ihre Vermessung. Arbeits- u. Forschber. Sächs. Bodendenkmalpfl. 6, 1957, 367–416.

Collins u. a. 1995

B. Collins/D. Williams/R. Haak/M. Trux/H. Herz/L. Genevriez/P. Nicot/P. Brault/X. Coyere/B. Krause/J. Kluckow/A. Paffenholz, The Dresden Frauenkirche – rebuilding the past. In: J. Wilcock/K. Lockyear, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993. BAR Internat. Ser. 598 (Oxford 1995) 19–24.

Dewilde u. a. 1994

M. Dewilde/A. Eryvnc/W. van Neer/J. de Meulemeester/P. van der Plaetsen, De »Burcht« te Londerzeel. Bewoningsgeschiedenis van een motte on een bakstenen Kasteel. In: Guy de Boe (Hrsg.), Archeologie in Vlaanderen. Monogr. 1 (Zellik 1994).

Dürer 1527

A. Dürer, Etliche Unterricht zu befestigung der stett, Schloß un flecken (Nürnberg 1527). Hrsg. v. Lange/Fuhse, Dürers Schriftlicher Nachlaß (Halle [Saale] 1893).

Eckstein/Müller 1989

G. Eckstein/D. Müller, Geodäsie und Photogrammetrie in der Denkmalpflege des Landes Baden-Württemberg. Zeitschr. Vermessungswesen Sonderheft (Juli 1989) 14, 1989, 81–97.

Eggers 1986

H.-J. Eggers, Einführung in die Vorgeschichte (München, Zürich 1986).

Egle-Service

Egle-Service GmbH (Hrsg.), AutoGraph 3.0 für AutoCAD 14 - Benutzerhandbuch (Karlsruhe o.J.).

Glutz 1979

R. Glutz, Die neue Topographie ur- und frühgeschichtlicher sowie mittelalterlicher Bodendenkmäler. Arch. Schweiz 2,3, 1979, 138–146.

Glutz 1988

R. Glutz, Archäologisch-topographische Kartierung schweizerischer Bodendenkmäler am Institut für Denkmalpflege ETH. Jahrb. SGUF 71, 1988, 237–240.

Glutz 1991

R. Glutz, Die topographische Vermessung des Erdwerkes auf dem Stammheimerberg. Schweizer Beitr. Kulturgesch. u. Arch. Mittelalter 17, 1991, 68–72.

Glutz 1998

R. Glutz, Burgenforschung mit dem Theodolit. TUGIUM 14, 1998, 85–93.

- Götze/Höfer/Zschiesche 1909**
A. Götze/P. Höfer/P. Zschiesche, Die vor- und frühgeschichtlichen Altertümer Thüringens (Würzburg 1909).
- Grimm 1930**
P. Grimm, Die vor- und frühgeschichtliche Besiedlung des Unterharzes und seines Vorlandes auf Grund der Bodenfunde. Jahresschr. Vorgesch. Sächs.-Thüring. Länder 18, 1930.
- Grimm 1958**
P. Grimm, Die vor- und frühgeschichtlichen Burgwälle der Bezirke Halle und Magdeburg. In: W. Unverzagt (Hrsg.): Handbuch Vor- und Frühgeschichtlicher Wall- und Wehranlagen. Dt. Akad. Wiss. Berlin, Schr. Sektion Vor- u. Frühgesch. 6 (Berlin 1958).
- Grössler 1885**
H. Grössler, Graf Albrecht IV. von Mansfeld. Ein Lebensbild aus der Reformationszeit. Zeitschr. Harz-Ver. Gesch. 18, 1885, 365–400.
- Grössler/Sommer 1882**
H. Grössler/F. Sommer (Hrsg.), Chronicon Islebiense. Eislebener Stadt-Chronik aus den Jahren 1520–1738 (Eisleben 1882).
- Grössler/Brinkmann 1893**
H. Grössler/A. Brinkmann, Beschreibende Darstellung der älteren Bau- und Kunstdenkmäler der Provinz Sachsen. Der Mansfelder Gebirgskreis 18 (Halle [Saale] 1893).
- Grote 1877**
H. Grote, Stammtafeln (Leipzig 1877).
- Gruber 1995**
F. J. Gruber, Formelsammlung für das Vermessungswesen (Bonn 1995).
- Gutbier 1976**
R. Gutbier, Zwinger und Mauerturm. Burgen u. Schlösser 17,1, 1976, 21–29.
- Hake/Grünreich 1994**
G. Hake/D. Grünreich, Kartographie (Berlin, New York 1994).
- Hauser/Rossi 1999**
P. Hauser/F. Rossi, L' amphithéâtre de Nyon: il était temps! Arch. Schweiz 22,3, 1999, 135–144.
- Harmeling u. a. 1999**
S. Harmeling/M. Stitz/P. Mesenburg, Die Brücke von Aspendos. Der Vermessungsingenieur 2, 1999, 110–115.
- Heinze u. a. 1999**
M. Heinze/A. Mühl/D. Reimann, Vermessung eines obertägigen archäologischen Denkmals – Der Burgwall bei Waldersee (ungedr. Diplomarbeit Dessau 1999).
- Heller 1999**
H.-E. Heller, Luftbildarchäologie – multitemporal und multisensoral. Arch. Nachrbl. 4,3, 1999, 223–232.
- Hempel 1918**
E. Hempel, Die Stellung der Grafen von Mansfeld zum Reich und zum Landesfürstentum (bis zur Sequestration). Forsch. Thüring.-Sächs. Gesch. 9 (Halle 1918).
- IBB 1998**
IBB (Ingenieurbüro Battefeld), AutoVERM-DGM. Benutzerhandbuch (Bochum 1998).
- Kamermans u. a. 1995**
H. Kamermans/M. Verbruggen/J. A. Schenk, Who will make the drawing? In: J. Wilcock/K. Lockyear (Hrsg.), Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993. BAR Internat. Ser. 598 (Oxford 1995) 127–131.
- Kathe 1993**
H. Kathe, Ursprungsland der Reformation. In: Landesheimatbund Sachsen-Anhalt (Hrsg.), Geschichte Sachsen-Anhalts II: Reformation bis Reichsgründung 1871 (München 1993) 11–26.
- Kemp 1995**
D. Kemp, Personal computer – based three-dimensional reconstruction modelling of standing buildings. In: J. Wilcock/K. Lockyear (Hrsg.), Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993. BAR Internat. Ser. 598 (Oxford 1995) 249–254.
- Klappauf 1996**
L. Klappauf, Zum Stand montanarchäologischer Untersuchungen im Oberharz. In: M. Puhle (Hrsg.), Hanse-Städte-Bünde. Die sächsischen Städte zwischen Elbe und Weser um 1500. Ausstellungskat. Magdeburger Museumsschriften 4,1 (Magdeburg, 1996) 433–447.
- Kortüm/Lauber 2000**
K. Kortüm/J. Lauber, Truppen, Töpfer, Häuslebauer. Arch. Deutschland 1/2000, 2000, 6–9.
- Kotsakis u. a. 1995**
K. Kotsakis/S. Andreou/A. Vargas/D. Papoudas, Reconstructing a Bronze Age site with CAD. In: J. Huggett/N. Ryan (Hrsg.), Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1994. BAR Internat. Ser. 600 (Oxford 1995) 181–187.
- Krumhaar 1855**
K. Krumhaar, Die Grafschaft Mansfeld im Reformationszeitalter (Eisleben 1855).
- de Levandowicz 1998**
M. de Levandowicz, A Survey of Castell Prysor, Meirionnydd. Arch. Wales 38, 1998, 36–42.
- Lorig 1978**
A. Lorig, Die Bedeutung des Vermessungswesens in der archäologischen Denkmalpflege. Denkmalpfl. Baden-Württemberg 7, 1978, 176–183.
- Lucet/Lupone 1995**
C. Lucet/C. Lupone, A computerised register of pre-Hispanic architecture. In: J. Wilcock/K. Lockyear, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993. BAR Internat. Ser. 598 (Oxford 1995) 145–148.
- Müller 1983**
D. Müller, Topographische Arbeiten für die Landesarchäologie in Baden-Württemberg. Denkmalpfl. Baden-Württemberg, Sonderh. 12, 1983, 84–90.
- Müller u. a. 1984**
D. Müller/K. Grewe/R. Glutz, Zeichenrichtlinien für topographische Pläne der archäologischen

- Denkmalpflege. Rhein. Landesmus. u. Amt Bodendenkmalpfl. (Köln 1984).
- Müller 1994**
H. Müller, Polygonierung – 2. Teil. (Internes Manuskript, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Vermessungstechnik, Studiengang Vermessungswesen/Kartographie) (Dresden 1994).
- Neumann 1975**
H. Neumann, Festungen des 16. und frühen 17. Jahrhunderts. *Burgen u. Schlösser* 16,1, 1975, 10–20.
- Neumann 1988**
H. Neumann, Festungsbaukunst und Festungsbau-technik. Deutsche Wehrarchitektur vom XV. bis XX. Jahrhundert (Koblenz 1988).
- Neuß/Zühlke 1982**
E. Neuß/D. Zühlke (Hrsg.), *Mansfelder Land. Werte unserer Heimat* 38 (Berlin 1982).
- Neuß 1995**
E. Neuß, Besiedlungsgeschichte des Saalkreises und des Mansfelder Landes. Von der Völkerwanderungzeit bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. *Quellen u. Forsch. Sächs. Gesch.* 9 (Weimar 1995).
- Papke 1993**
E. Papke, Zur Entwicklung des Festen Hauses zu Senftenberg anhand von Plänen. *Sächs. Heimatbl.* 2, 1993, 72–80.
- Pörner 1956**
E. Pörner, Vermessungsmethoden. Ein Beitrag zur Aufnahme vorgeschichtlicher Erdwerke (Burgwall u. a.). *Vorgesch. Musarbeit u. Bodendenkmalpfl.* 3, 1956, 12–20.
- Rauchfuß 1919**
H. Rauchfuß, Ein Beitrag zur Burgenforschung. Dem Thüringisch-Sächsischen Geschichtsverein zu Halle anlässlich seines hundertjährigen Bestehens gewidmet (Halle [Saale] 1919).
- Riecke 1868**
C. F. Riecke, *Urbewohner und Altertümer Deutschlands* (Nordhausen 1868).
- Roch 1966**
I. Roch, Die Baugeschichte der Mansfelder Schlösser mit ihren Befestigungsanlagen und die Stellung der Schloßbauten in der mitteleuropäischen Renaissance (ungedr. Diss. Halle [Saale] 1966).
- Roch 1971**
I. Roch, Baugeschichte und Rekonstruktion der Festung Mansfeld. *Aspekte Kunstgesch. Mittelalter u. Neuzeit.* Festschr. K.-H. Clasen (Weimar 1971) 265–288.
- Roch 1992**
I. Roch, Zur Stellung der Festungen Mansfeld und Heldrungen im frühneuzeitlichen Festungsbau. *Wiss. Zeitschr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Geisteswiss.* R. 5 XXXI, 1992, 64–72.
- Romano/Tolba 1995**
D. G. Romano/O. Tolba, Remote sensing, GIS and electronic surveying: reconstructing the city plan and landscape of Roman Corinth. In: J. Huggett/N. Ryan, *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1994. BAR Internat. Ser. 600 (Oxford 1995) 163–174.
- Schaich 1995**
M. Schaich, ARCHÄOCAD – Neuentwickeltes archäologisches Informationssystem für Prähistorische Siedlungsgrabungen. In: K. Schmotz (Hrsg.), *Vorträge zum 13. Niederbayerischen Archäologentag* (Deggendorf 1995) 247–256.
- Schmidt 1894**
J. Schmidt, Aufnahme des Burgwalles genannt »Das Neue Schloss« bei Braunschweide am Unterharz und Ausgrabungen in demselben. *Mitt. Prov.-Mus. Sachsen* 1, 1894, 24–26.
- Schmidt 1927**
K. Schmidt, Die Grundlage der territorialen Entwicklung der Grafschaft Mansfeld. *Mansfelder Bl.* 36/37, 1927, 5–148.
- Schmidtchen 1979**
V. Schmidtchen, Das Befestigungswesen im Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit. *Burgen u. Schlösser* 20,1, 1979, 49–52.
- Schmitt 1991**
R. Schmitt, Zur Baugeschichte des Schlosses und der Festung Heldrungen im 16. Jahrhundert. *Beitr. Kyffhäuserlandschaft* 13, 1991, 5–59.
- Schotte 1906**
H. Schotte (Hrsg.), *Rammelburger Chronik* (Halle [Saale] 1906).
- Schotte 1907**
H. Schotte, *Rammelburgisches aus dem 13.–16. Jahrhundert.* Ein Nachtrag zur »Rammelburger Chronik«. *Mansfelder Bl.* 21, 1907, 152–164.
- Schröder 2002**
O. Schröder, CAD-gestützte Grabungsdokumentation am Beispiel einer Stadtkerngrabung. *Jahresschr. Mitteldt. Vorgesch.* 85, 2002, 393–406.
- Schröpfer 1996**
T. Schröpfer, *Haldenvermessung im Oberharz.* *Ber. Denkmalpfl. Niedersachsen* 16,2, 1996, 69–70.
- Schuchhardt 1894**
C. Schuchhardt, *Atlas vorgeschichtlicher Befestigungen in Niedersachsen* 4 (Hannover 1894).
- Schütte 1994**
U. Schütte, Das Schloß als Wehranlage – befestigte Schloßbauten der frühen Neuzeit im alten Reich (Darmstadt 1994).
- Schwarz 1967**
G. T. Schwarz, *Archäologische Feldmethode* (Thun, München 1967).
- Seidel 1999**
H. Seidel, Zur Baugeschichte der Schloßanlage Fürstlich Drehna in der Niederlausitz. *Burgen u. Schlösser* 40,2, 1999, 73–84.
- Seidel 1998**
R. Seidel, Die Grafen von Mansfeld. *Geschichte und Geschichten eines deutschen Adelsgeschlechtes* (Frankfurt a.M., München, New York 1998).
- Silberborth 1940**
H. Silberborth, *Geschichte des Helmegeaus* (Nordhausen 1940).

Spangenberg 1572

C. Spangenberg, Mansfelder Chronica - der 3. Teil.
Hrsg. v. R. Leers für den Verein für Geschichte und
Altertümer der Grafschaft Mansfeld (Eisleben 1912).

Spangenberg 1572a

C. Spangenberg, Mansfelder Chronica - der 4. Teil,
Titel I bis XIV. Hrsg. P. v. Koennecke/R. Leers/
C. Rühlemann für den Verein für Geschichte und
Altertümer der Grafschaft Mansfeld (Eisleben 1925).

Spangenberg 1572b

C. Spangenberg, Mansfelder Chronica - der 4. Teil,
Titel XXXI bis LIX. Hrsg. von C. Rühlemann für
den Verein für Geschichte und Altertümer der
Grafschaft Mansfeld. Mansfelder Bl. 27/28
(Eisleben 1913/14).

Stolberg 1968

F. Stolberg, Befestigungsanlagen im und am Harz
von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit. Forsch. u.
Quellen Gesch. Harzgebiet 9 (Hildesheim 1968).

Thomä 1997

A. Thomä, Erstellung eines Lageplanes der Ruine
des Schlosses Döben als Grundlage für eine archäo-
logische Archivierung (ungedr. Diplomarbeit Dres-
den 1997).

Vogler 1998

H. Vogler, AutoCAD 14 (Kaarst 1998).

Walter 1996

J.-H. Walter, AutoCAD 3D-Operationen (Internes
Manuskript, Hochschule für Technik und Wirt-
schaft Dresden [FH], Vermessungstechnische
Datenverarbeitung I, Fachbereich Vermessungsw-
esen/Kartographie) (Dresden 1996).

Wheeler 1960

M. Wheeler, Moderne Archäologie (Hamburg
1960).

Wiemann u. a. 1987

M. Wiemann/F. Eckle/F.-R. Herrmann, Vermes-
sung im Dienste der Archäologie. Topographische
Aufnahme und Dokumentation vor- und frühge-
schichtlicher Geländedenkmäler. Arch. Denkmäler
Hessen 54 (Wiesbaden 1987).

Wilberg 1906

M. Wilberg, Regententabellen (Frankfurt [Oder]
1906, unveränderter fotomechanischer Nachdruck
Berlin 1987).

Zeiss o. J.

Zeiss, Rec 500/352k Gebrauchsanleitung (o. J.).

Abbildungsnachweis

1, 2	LfA	7	Verfasser
3	Verfasser	8	Verfasser
4	Verfasser	9	Verfasser
5	Schmidt 1894, 25	10	Verfasser
6	Nachdruck (Hrsg.) Mansfeld-Museum Hettstedt		

Anschrift

Dipl. Ing (FH) Olaf Schröder
Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt
Richard-Wagner-Straße 9-10
D-06114 Halle (Saale)