

## AUFGABEN UND ARBEITSMETHODEN DER GEODÄSIE BEI DER ERFORSCHUNG MITTELALTERLICHER BAUWERKE SOWIE BEI DER DENKMALPFLEGE

### Einfache Aufnahmemethoden

Am Anfang sollen die bewährten einfachen Aufnahmemethoden, die eine schnelle, genügend genaue und leichte Aufnahme von Grundrissen der Burgruinen, Burgställe und ähnlicher Baudenkmale erlauben, behandelt werden. Es ist aber gerade hier notwendig, daß sich der Ausführende größter Disziplin und Wahrhaftigkeit bei der Aufnahme und Kartierung befleißigt: Es ist niemandem mit Phantasie-Grund- und -aufzissen sowie nichtzutreffenden Kartierungen von Burgen gedient.

Beginnen wir mit einer der einfachsten Formen der Geländeaufnahme, der Krok i. Eine Burg oder ein Burgstall soll ohne Längenmeßwerkzeuge in eine Karte übernommen werden. Nur ein Hilfsmittel wird benötigt, ein Taschenkompaß mit einer Stricheinteilung. Von einem genau ermittelten Punkt auf der Karte ausgehend, wird das Ziel mit Hilfe des Schrittmaßes, dessen Länge man vorher auf einer Vergleichsstrecke bestimmt hat, und der Kompaßrichtung erreicht. Jeder Bruchpunkt bei der Wanderung wird in die Karte übertragen, was ganz einfach ist, da Strecke und Richtung ja bekannt sind. Bei einiger Übung wird das betreffende Objekt mit überraschend großer Genauigkeit in die Karte übernommen. Es ist zu beachten, daß eine Schrittreduktion an geneigten Strecken anzubringen ist.

Mit einem einfachen Bandmaß kann man genügend genaue Aufnahmen von Burgen und Burgruinen fertigen. Man legt sich eine Standlinie, die man mit Hilfe eines Kompasses, der Armbanduhr oder näher bekannter Punkte einortet und lagemäßig bestimmt. Die Länge dieser Standlinie wird genau bemessen. Von dieser Linie aus nimmt man durch Messung der Lote und Lotfußpunkte die Gebäudeecken, Mauerenden und andere gewünschte, markante Punkte auf. Die Aufnahme kann gleichfalls durch Einkreuzen von zwei Punkten dieser Standlinie aus geschehen. Die Lotrichtungen erhält man nach der überall bekannten Pythagoras-methode oder durch Verlängern von einem möglichst großen Gegenstand mit rechtem Winkel (Buch, Karte oder Kartentasche) aus. Einfache, aber durchaus brauchbare Winkelspiegel (Prismen) sind in den Fachgeschäften preiswert zu erhalten.

Vom Verfasser wurden bisher ca. 25 Burgruinen auf diese Weise aufgenommen, u. a. sämtliche Burgruinen des ehemaligen Kreises Neustadt an der Weinstraße. Ein Vergleich mit exakten Vermessungen zeigt die Genauigkeit der Aufnahmemethode, wenn die notwendige Sorgfalt beachtet wird. So wurde der mittelalterliche Bestand der Burg Neidenfels im Kreis Bad Dürkheim (Pfalz) aufgenommen (Abb. 1),

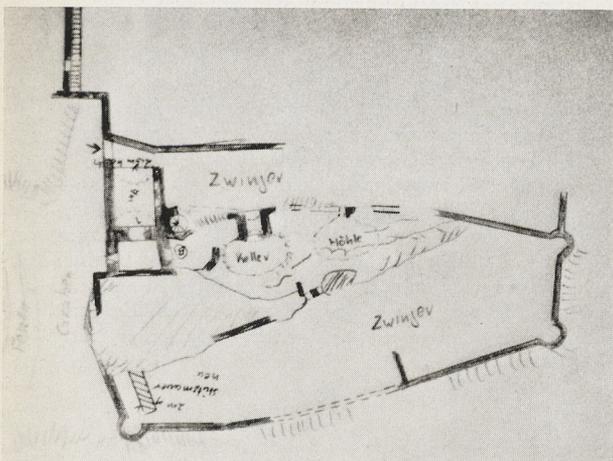


Abb. 1 Ruine Neidenfels. Originalaufnahme (Bleistiftskizze des Verf.)

ebenfalls die Burg Lichtenstein unweit Neustadt an der Weinstraße (Abb. 2). Von der Burg Spangenberg wurden durch Grund- und Aufrißzeichnungen die Grundlagen für einen Rekonstruktionsversuch geschaffen (Abb. 3, 4 u. 5).

Auch der ungeübte Burgenfreund kann sich leicht ein Detail des Auf- oder Grundrisses selbst fertigen, wenn er ein Vergleichsmaß in seine Photographien einführt. Durch ein etwa 20–30 cm langes Maßstäbchen mit einer möglichst kontrastreichen Maßeinteilung (etwa in der Anordnung einer Nivellierlatte) erhält man in jedem Bild ein festes Maß. Stürzt man bei der photographischen Entwicklung die durch die Aufnahme hervorgerufenen Verzerrungen, so ist das Ergebnis ein Bild, das als durchaus brauchbares Meßbild betrachtet werden kann. Sind die Konstanten des Photoapparates (Brennweite) und eine Vergleichsstrecke bekannt, so ergibt sich eine wesentliche Genauigkeitssteigerung bei der Auswertung. Auf diese Weise entstanden die Aufrißzeichnungen, die zum Rekonstruktionsversuch der Ruine der Burg Spangenberg notwendig waren.

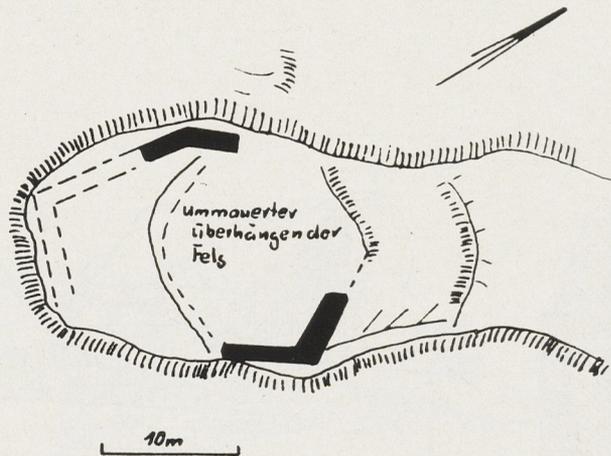


Abb. 2 Ruine Lichtenstein/Pfalz, Feldskizze



Abb. 3 Ruine Spangenberg (Pfalz)

*Dipl.-Ing. Günter Klein (34), Abitur in Mannheim, Studium der Geodäsie in Karlsruhe. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Erdbebenwarte in Karlsruhe. Beamter des höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienstes in der Flurbereinigungsverwaltung Baden-Württemberg. Burgenkundliche Veröffentlichungen über Burgruine Rodenstein, Hollerburg bei Wachenheim/Weinstraße, Burgstelle im Hartwald bei Sontheim/Brenz u. a.*

*In der Arbeit werden die Methoden und Arbeitsweisen der verschiedenartigen vermessungstechnischen Arbeiten für die Denkmalpflege und die Archäologie des Mittelalters geschildert. Die Geodäsie ist für die archäologische Forschung und die Denkmalpflege sowohl primäres als auch sekundäres Arbeitsgebiet.*

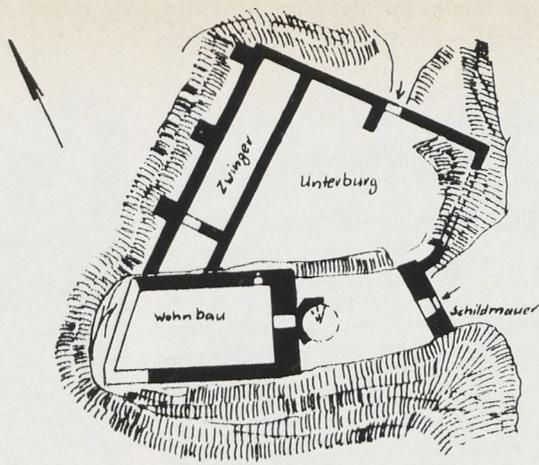


Abb. 4 Ruine Spangenberg (Pfalz). Grundrißzeichnung nach der Felddaufnahme 1:600

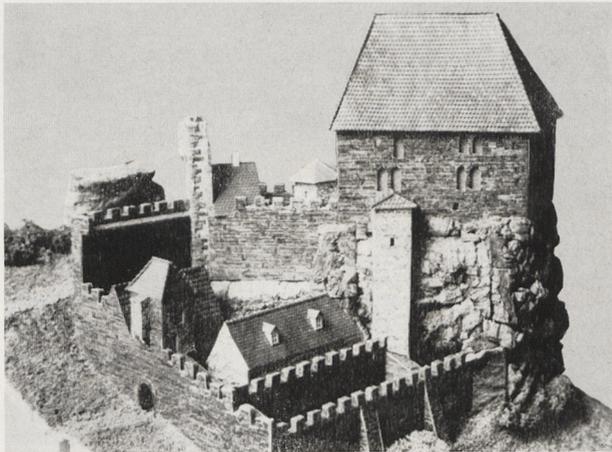


Abb. 5 Ruine Spangenberg (Pfalz). Rekonstruktionsversuch

#### Herkömmliche Einmessungen von Bau- und Kunstdenkmälern

Schon am Ende des Mittelalters gab es Kartographen und Landmesser, die eine möglichst maßstabgetreue Darstellung der hervorragenden Bauwerke, wie Kirchen, Schlösser und Burgen, ja ganzer Städte und Dörfer, sowie der herausstechenden Geländemerkmale anstrebten. Einer von ihnen war der *Ulmer Kartograph Rehlin*, der 1591 die Aufgabe gestellt bekam, den sogenannten *Giengener Forst* zu kartieren. Seine Karte ist wohl die älteste, in der die Ostalb maßstabgetreu dargestellt wird. Der Verlauf der Brenz, die Gliederung der vielfältigen Berglandschaft, die Stadt Giengen und die umliegenden Dörfer sind soweit als möglich maßstäblich kartiert und anhand ihrer hervorragenden Bauten eindeutig charakterisiert. Der Zustand der Burgen und Schlösser im Jahre 1591 ist ausgezeichnet dargestellt, wie uns die Bilder der Burgen *Eselsburg* und *Kaltenburg* (Abb. 6 u. 7) zeigen. Eine Besonderheit dieser Karte muß noch herausgestellt werden. Rehlin gibt auch die rechtlichen Besitzverhältnisse an, indem er neben den Besitzungen, wie Burgen, Dörfer und Waldungen, die Wappen der Eigentümer zeichnet. Wir erkennen an den Wappen, daß *Falkenstein* und *Eselsburg* *Rechbergisches* Eigentum waren und die *Kaltenburg* (heute alles Ruinen) den *Herren von Riedheim* gehörte.

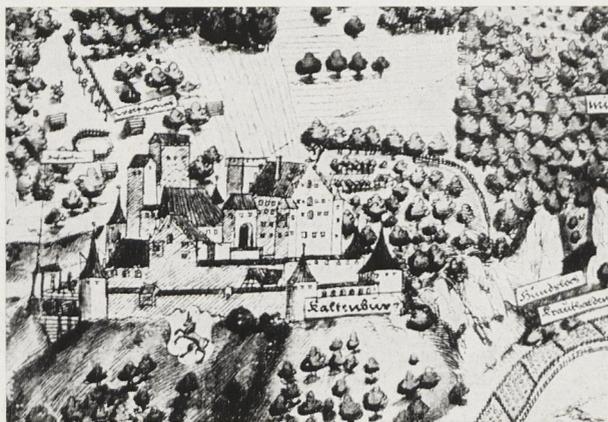


Abb. 6 Burg Kaltenburg im Landkreis Heidenheim/Brenz. Ausschnitt aus der Rehlinschen Forstkarte von 1591. Germanisches Nationalmuseum in Nürnberg



Abb. 7 Burg Eselsburg im Landkreis Heidenheim/Brenz. Aus: Rehlinsche Forstkarte von 1591

Im XX. Jh. werden an eine Vermessung andere Ansprüche gestellt als im XVI. Jh. Es wird heute verlangt, daß die Einmessung eines sichtbaren oder im Boden befindlichen Baudenkmals im Bezug auf die Grundstücksgrenzen auf wenige Zentimeter genau vorgenommen wird.

Moderne Hilfsmittel stehen hier den Vermessungs- (Kataster-) oder Kulturämtern (Flurbereinigung) zur Verfügung, neben Theodoliten auch optische Entfernungsmeßgeräte oder kombinierte Tachymeterinstrumente. Als Beispiel steht hier die Einmessung der Burg *Katzenstein*, Kreis *Heidenheim*, im Jahre 1946 (Abb. 8). Der Besitz der Burg war zu dieser Zeit in zwei Hälften aufgeteilt. Die Grenze zwischen den beiden Grundstücken wurde auf der Grundlage der für Katastermessungen geschaffenen *Technischen Anweisung für Württemberg* auf wenige Zentimeter lagegenau eingemessen. Im sogenannten *Riß* sind die Abstandsmaße der Gebäude von den Grenzen eingetragen, ebenfalls die Umfangmaße der Bauten sowie die Breiten freistehender Ruinenmauern, die Kulturarten usw.

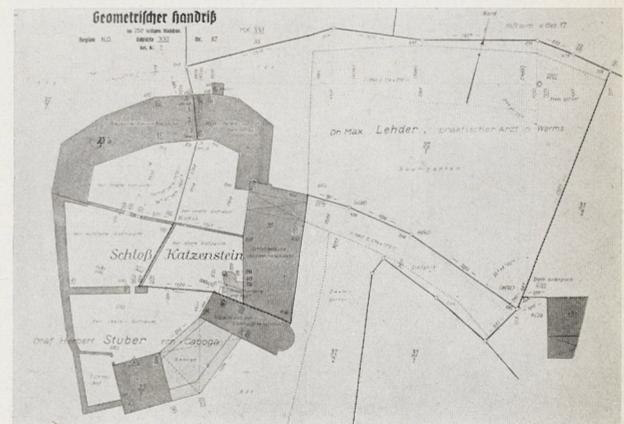


Abb. 8 Katasteraufnahme der Burg Katzenstein, Kreis Heidenheim/Brenz

In möglichst großmaßstäblichen Plänen werden heute Bodendenkmale genau auf die nächsten Grundstücksgrenzen aufgenommen. Bei evtl. Entschädigungsforderungen, die durch Ausgrabungen entstehen können, ist es möglich, sowohl in der Feldlage als auch innerhalb des Ortsetzers die beanspruchten Flächen leicht aus den Plänen abzugreifen und durch die Flurstücksnummern die Eigentümer festzustellen. Wichtig ist dies auch in Flurbereinigungsgebieten, um bei der Schätzung und der Zuteilung der neuen Grundstücke die genaue Lage des Bodendenkmals eindeutig angeben zu können. Als Beispiel dient die Einmessung einer vermutlich römischen Siedlung in *Sontheim/Brenz*, die sowohl auf die alten Katastergrenzen als auch in die neueingeteilte Flur eingemessen wurde (Abb. 9).

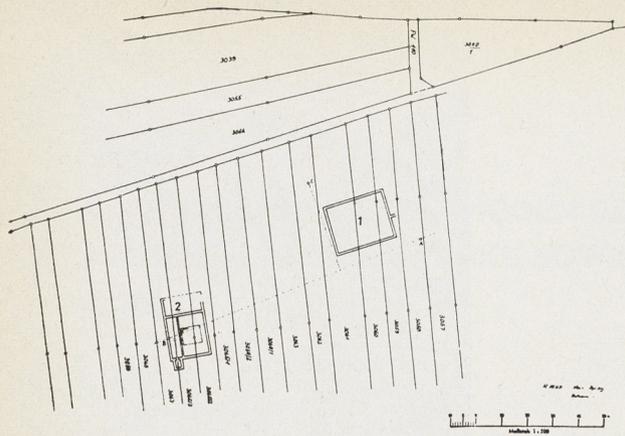


Abb. 9 Einmessung römischer Gebäude im Maßstab 1:500. Gemarkung Sontheim/Brenz. Die gestrichelten Aufnahme-  
linien sind deutlich zu erkennen

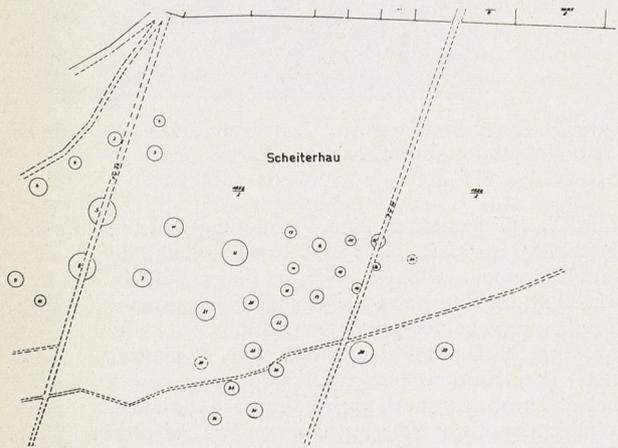


Abb. 10 Einmessung frühgeschichtlicher Hügelgräber. Gemarkung Heidenheim - Mergelstetten (Kartierung 1:1000)

### Vermessungstechnische Präzisionsmessungen an Kunstdenkmalern

Bei Renovierungsarbeiten an größeren Bauwerken sind ausschließlich Ingenieurmessungen, also technische Vermessungen, mit größter Präzision durchzuführen. Modernste z. T. automatische Instrumente werden eingesetzt für Nivellement, Streckenmessung, Senkungsmessungen usw. Als Beispiel mögen hier die Vermessungsarbeiten am Herkules in Kassel-Wilhelmshöhe dienen (Abb. 11 bis 13).

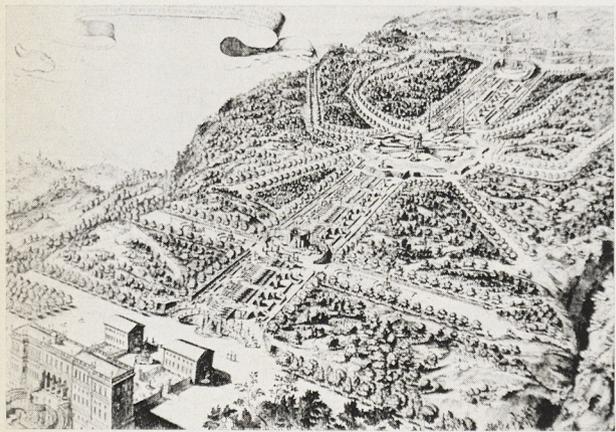


Abb. 11 Gesamtplanung des Herkules-Bauwerks in Kassel. Aus „Delineatio Montis“ v. Guerniero

Der von 1677 bis 1730 lebende Landgraf Karl von Hessen war von den italienischen Wasserkünsten so begeistert, daß er den italienischen Architekten Guerniero nach Kassel holte, um von diesem 1701-1714 die pompösen Kaskaden und den Zentralbau des Oktogon, als Teile eines nie vollendeten Gesamtplanes, bauen zu lassen. Der massive Bau mit einer Plattform von etwa 1400 qm und der exzentrisch aufgesetzten Pyramide als Blickfang wurde nahe an die Vorderkante des künstlich abgeflachten Bergplateaus gesetzt. Vermessungstechnisch ausgezeichnet gelöst ist die heute noch funktionierende Wasserbeschaffung für die Kaskaden ohne Anwendung von Pumpen. Das aus verschiedenen Bächen gesammelte Wasser wird kilometerweit in einem Sammelgraben mit



Abb. 12 a und b Herkules, Kassel-Wilhelmshöhe. (Aufnahmen mit Genehmigung von Dipl.-Ing. Sander)

geringem Gefälle in ein künstliches Staubecken geführt. Im Prinzip einer kommunizierenden Röhre fließt das Wasser von dort in einen künstlichen Teich auf dem Oktogonplateau. Ein zweiter durch das harte Gestein führender Stollen entstand 1705. „Die Geometer halfen im wahrsten Sinne ‚maßgebend‘ mit, Gedankenräume wahr werden zu lassen.“<sup>1)</sup> Schon 1715 zeigten sich die ersten größeren Schäden am Bauwerk, das auf verschiedenartigen Gesteinen steht. Das Oktogon ist nur zum Teil auf Fels gebaut, andererseits aber auch auf stark verwitterten Konglomeraten über breiten Felsklüften. Man versuchte die unterschiedliche Baugrundbeschaffenheit durch unsichtbare Mauerbögen und hohe Stützmauern auszugleichen, was aber nur zum geringen Teil gelang. Die Kaskaden wurden auf Hangschutt errichtet. Bereits 1754 hatte man zum erstenmal ein Überhängen von Mauerwerk beobachtet. In der Folgezeit wurden an schlechten Gründungsstellen bergmännische Unterfangungen ausgeführt. Das zum Bau verwendete Tuffgestein, gebrochen in nahegelegenen Steinbrüchen, saugt sich voll Wasser, wobei Kieselsäure und Kalk verlorengelangen. Der als Dichtungsmittel verwendete Ton war für den Hochbau so gut wie wirkungslos. Die Folge war Eindringen von Wasser und zusammen mit Winter und Sonnenschein ein nicht aufzuhaltendes Verwittern des Gesteines, Bilden von Rissen, Einstürze und starker Pflanzenbewuchs. Das Fehlen von Zugankern bewirkte schon während der Bauzeit ein Verschieben der Widerlager; statische Fehlberechnungen und Rostfraß führten zu weiteren Zerstörungen. Seit 1951 wurden durch das Staatsbauamt Kassel umfangreiche Material- und Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Durch Präzisionsmessungen erhielt man Ergebnisse über Veränderungen am Bauwerk seit Baubeginn. Der Pyramidenunterbau einschließlich Baugrund senkte sich in dieser Zeit um nahezu 40 cm, die Horizontalkomponente dazu betrug etwa 10 cm. Aus der oft verschiedenen Bauzeit und den zugehörigen Abweichungen ließen sich durchschnittliche Senkungen von 2 mm/Jahr errechnen. Um Schlüsse auf derzeit bestehende Senkungserscheinungen ziehen zu können, wurden ab 1955 dauernde Kontrollmessungen durchgeführt. Es war notwendig, mehrere hundert Festpunkte am Bauwerk und absolut sicheren Geländepunkten anzubringen. Neben den permanenten Senkungen sollten auch die witterungsbedingten Bauwerksänderungen erfaßt werden. Um systematische, die Messung verfälschende Fehler zu vermeiden, wurden mehrere modernste Meßverfahren angewandt, u. a.: Lotmessungen an einem 70 m hohen Pendel.

Optische Lotmessungen auf dem Oktogon mit einem Schachtlotfernrohr

Streckenmessungen in Stollen und Bohrungen mittels Invardrähten, elektrischen Wegaufnehmern und Trägerfrequenz-Meßverstärkern

Querversetzungsmessungen in Bohrlöchern mittels sogenannter „Elektrischer Meßketten“

Feinnivellements mit einer Meßgenauigkeit von  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{2}{10}$  Millimeter

Als Ergebnisse konnten u. a. aus den Präzisionsnivellements gezogen werden:

Der durchschnittliche Jahreshöchstwert der Senkungen hat sich in den letzten Jahren auf 1 mm verlangsamt.

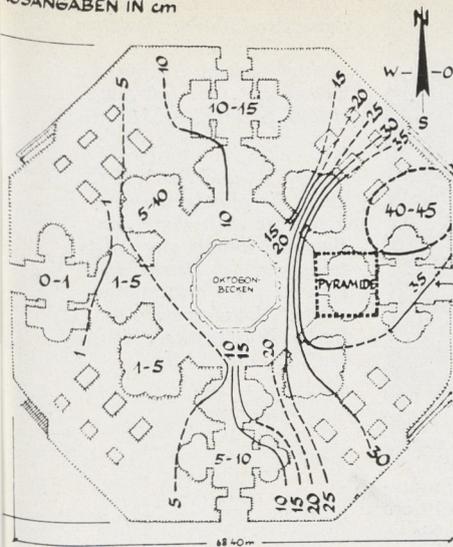
Die Senkungen bedrohen nur noch den Nordostteil des Oktogons, der auf besonders schlechtem Baugrund steht.

Ca. 10 Millionen DM wurden vom Land Hessen für die Ret-

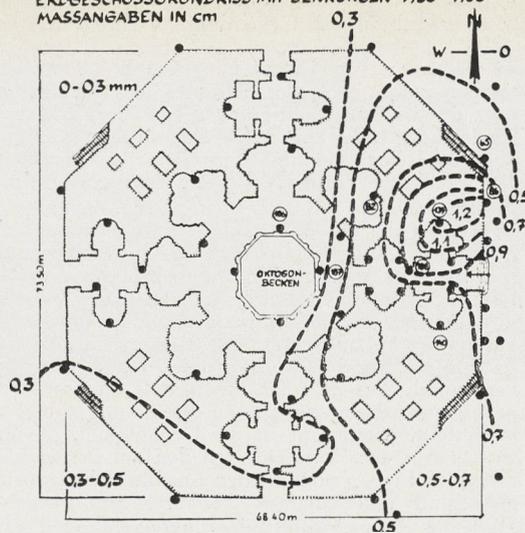
<sup>1)</sup> Sander, H., Vermessungsaufgaben am Herkules-Bauwerk in Kassel-Wilhelmshöhe, aus „Der Vermessungsingenieur“. Zeitschrift des Verbandes Deutscher Vermessungsingenieure, 18. Jahrgang, Düsseldorf 1967, und Sander, H., Das Herkules-Bauwerk im Blickwinkel der Bauteute aus „Deutsche Kunst- und Denkmalpflege“, München 1968

<sup>2)</sup> Schwidewsky, Kurt, Grundriß der Photogrammetrie, 5. Auflage, Stuttgart 1954

ERDGESCHOßGRUNDRISS MIT SENKUNGEN 1711-1952  
MASSANGABEN IN CM



HERKULES-BAUWERK  
ERDGESCHOßGRUNDRISS MIT SENKUNGEN 1955-1966  
MASSANGABEN IN CM



richtung zum Raumbild verschmilzt. Wird die Auswertung der Aufnahmen „nichtqualifizierten“ Kräften, z. B. Archäologen, Kunsthistorikern und Architekten, übertragen, so muß am sogenannten „Normalfall“ festgehalten werden (die parallelen Achsen der zwei Aufnahmekammern stehen auf der Basis „normal“ und zugleich horizontal) (Abb. 14 u. 15). Wie geht eine solche Auswertung vor sich? In einem Stereoauswertegerät werden die zu einem Modell gehörenden Bilder eingelegt und zueinander orientiert, daß ein ausmeßbares Raummodell entsteht. Im Einblick sieht der Betrachter das Raummodell in einer für die Teilkartierungen optimalen Vergrößerung. Zusätzlich zum Bestand scheint im virtuellen Raum des stereoskopischen Bildes eine Punktmarke zu schweben, die mechanisch bewegt werden kann. Sie kann auf das Raumbild aufgesetzt werden. Das Objekt wird abgetastet, indem man die Linien des Bestandes räumlich mit der Marke nachzieht. Die Abtastbewegungen werden auf eine Zeichenvorrichtung übertragen (Abb. 16.)

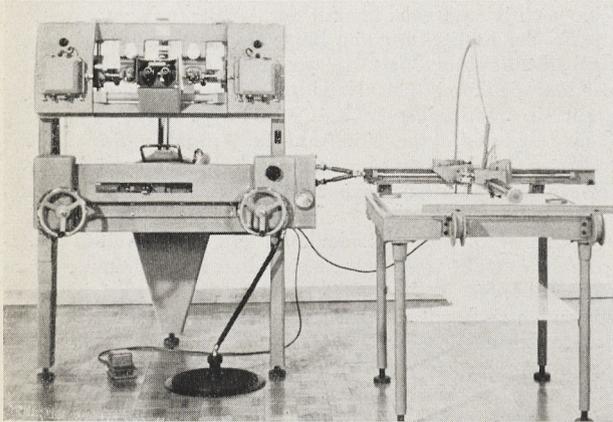


Abb. 16 Photogrammetrisches Auswertegerät A40 der Firma Wild, Heerbrugg

Etwa 1955/56 wurden in Baden und der Pfalz durch das Geodätische und Baugeschichtliche Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe eine Reihe von photogrammetrischen Arbeiten und Auswertungen zum Zwecke der Bestandaufnahmen von Denkmälern durchgeführt. Unter anderem wurden Untersuchungen vorgenommen, welche geometrische Genauigkeit unter bestimmten Aufnahmebedingungen und unter



Abb. 17 Klosterruine Limburg bei Bad Dürkheim/Pfalz

Einsatz bestimmter Aufnahme- und Auswertegeräte erreicht werden kann und wie solche Aufnahmen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte durchzuführen sind<sup>3a)</sup>.

Klosterruine Limburg bei Bad Dürkheim wurde so vermessen. „Trotz des hohen Grades der Zerstörung und trotz der Gastwirtschaftsanlagen hat die Klosterruine starke Eindruckskraft bewahrt durch die wahrhaft königliche Größe und Ruhe ihrer Raumgliederung sowie ihrer Proportionen, die von herber Schlichtheit der Schmuckformen begleitet werden“ (Dehio) (Abb. 17). Die Limburg wurde so aufgenommen (Abb. 18 u. 19), daß für alle wesentlichen Teile Aufrißpläne in den Maßstäben 1:50 bis 1:100 erstellt werden konnten. Zur genauen Maßstabsbestimmung wurden einige wenige Maße am Bauwerk direkt gemessen oder Meßblättern so aufgestellt, daß sie in den Meßbildern erscheinen. Mittels aufgehängter Lote wurde eine einwandfreie Bezugsrichtung festgelegt. Zusätzlich wurden einige Längs- und Querschnitte konstruiert. Aus 24 Aufnahme-paaren mit horizontalen und geneigten Achsen wurden an Kleinautographen die Pläne hergestellt. Interessant ist die Genauigkeit, die hier erzielt wurde. Aus dem Vergleich mit den am Bauwerk direkt gemessenen Maßen und aus den Anschlußfehlern beim Zusammenschluß unabhängiger Auswertungen wurden mittlere Fehler, d. h. durchschnittliche Ungenauigkeiten erzielt bis zu  $\pm 1,7$  cm bei der Kartierung im Maßstab 1:100 und  $\pm 1,3$  cm im Maßstab 1:50. Das bedeutet, ein Vergleich von Naturmaßen und aus Plänen ermittelten Größen kann bis zu 1,7 bzw. 1,3 cm differieren. In diese Unsicherheiten gehen u. a. die Zeichenfehler (bis zu 1 cm) ein. Auf diese Art gewonnene Aufrißpläne und Schnitte sind bei Restaurierungsarbeiten und baugeschichtlichen Forschungen ein wichtiges Gestaltungs- bzw. Hilfsmittel.

Das zweite Beispiel ist die photogrammetrische Aufnahme des Gottesauer Schlößchens in Karlsruhe. Das Schloß wurde 1588 auf dem Areal des 1094 gegründeten und 1524 verlassenen Klosters Gottesau erbaut. Es handelt sich also um das älteste Gebäude des erst 1715 gegründeten Karlsruhe. 1689 wurde das Gebäude durch die Truppen Ludwigs XIV. zerstört, nach dem Wiederaufbau brannte es 1735 erneut ab und wurde in der Folgezeit durch Markgraf Karl Friedrich restauriert. 1944 sank es durch Fliegerbomben in Trümmer. Nun soll es wieder aufgebaut werden, um Museumsräume für das badische Landesmuseum und die Universität zu gewinnen. Das Schloß wird in einem Zug mit dem neuen Bau in Straßburg und dem Friedrichsbau des Heidelberger Schlosses genannt. Dieses „glänzende Trivolum“ stellt den Höhepunkt der nationalen Renaissance in Süddeutschland dar und gilt zusammen mit dem Aschaffener Schloß als Triumph der Straßburger Architektenschule. Neben den Aufnahmen der Technischen Hochschule Karlsruhe gibt es noch eine Reihe von Originalbauplänen, die den Krieg überstanden haben. Die Aufnahmen und Baupläne bilden eine gute Grundlage für den originalgetreuen Wiederaufbau des Bauwerkes.

Die Auswertung der Aufnahmen vom Gottesauer Schlößchen erfolgte in den Maßstäben 1:50 bis 1:60. Im Aufriß ergaben sich Maximalfehler von  $\pm 2,8$  cm. Die Paßpunkte, das sind die Punkte, von denen aus alle anderen Bildpunkte bestimmt werden, waren nach Lage und Höhe trigonometrisch genau



Abb. 18 a u. b Photogrammetrische Aufnahme und Auswertung. Kloster- ruine Allerheiligen/Schwarzwald

<sup>3)</sup> Hardegen, L., Die Anwendung der Photogrammetrie in der Denkmalpflege, „Schweizerische Technische Zeitschrift“, 66. Jahrgang (1969), Seite 721–731

<sup>3a)</sup> Böser, W., und Raab, K. O., Über die photogrammetrische Aufnahme von Baudenkmalern aus „Mitteilungen des Deutschen Vereins für Vermessungswesen“, Landesverein Baden-Württemberg 1956, Heft 3, Seite 93 ff.

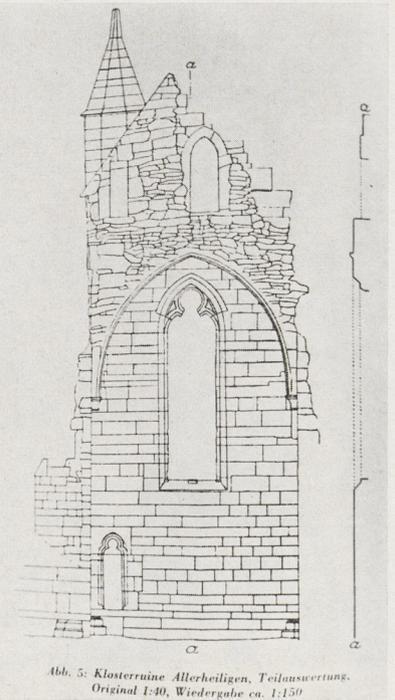


Abb. 5: Klosterruine Allerheiligen, Teilanswertung. Original 1:40, Wiedergabe ca. 1:150

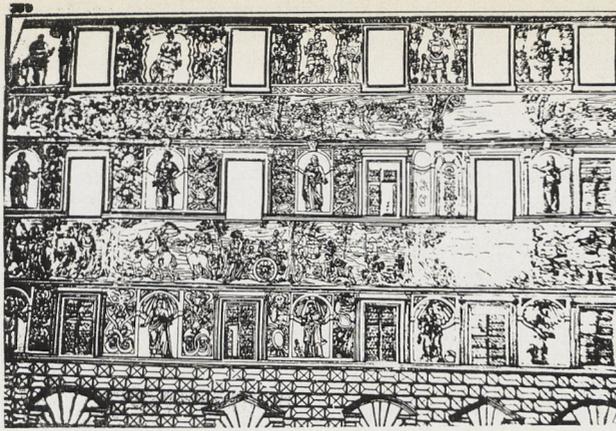


Abb. 19 Photogrammetrische Rekonstruktion der Fassade von Schloß Ambras/Tirol

bestimmt und durch Signalscheiben einwandfrei gekennzeichnet worden. Etwa 50 Maße wurden zur Überprüfung am Bauwerk genau gemessen.

Zwei Bilder ähnlicher Auswertungen dienen zur Veranschaulichung, einmal ein Detailplan der Klosterruine Allerheiligen im Schwarzwald (Abb. 18), zum anderen eine Detailauswertung des Schlosses Ambras in Tirol (Abb. 19). Auch erwähnt werden sollen die photogrammetrischen Aufnahmen und Auswertungen an der heute völlig verschwundenen Theaterruine in Karlsruhe (Abb. 20–25). Dieses Weinbrennerbauwerk, das später eine der bedeutendsten deutschen Opernbühnen beherbergte, sank 1944 in Schutt und Asche. Vor Beginn der Bundesgartenschau in Karlsruhe wurde es abgebrochen. Vor dem Abbruch wurde durch das staatliche Hochbauamt Karlsruhe die photogrammetrische Aufnahme der Ruine veranlaßt, die durch Professor Raab von der Technischen Hochschule in Karlsruhe im Sommer 1959 durchgeführt wurde<sup>4)</sup>. Die wertvollen Figuren und Medaillons sowie die Säulen wurden aus der Ruine geborgen. 34 Aufnahme Standpunkte wurden außerhalb und im Innern der Ruine geodätisch genau bestimmt, dazu noch etwa 30 Paßpunkte am Bauwerk. Die Aufnahmen erfolgten mit einem Phototheodoliten TAF mit einer Brennweite von  $f = 162,33$  mm, Bildformat  $13 \times 18$  cm. Besondere Details wurden mit einer Stereokammer  $f = 70$  mm, Bildformat  $6 \times 15$  cm erfaßt. Die Aufnahmestandpunkte lagen zwischen 10 und 100 m. Die Auswertung erfolgte am Zeiss-Stereoplanigraphen C 8. Sechs Pläne im Maßstab 1:50 geben die äußeren Fassaden wieder. Etwa 4490 qm der Fassaden wur-



Abb. 20 Ruine des Schloßtheaters in Karlsruhe

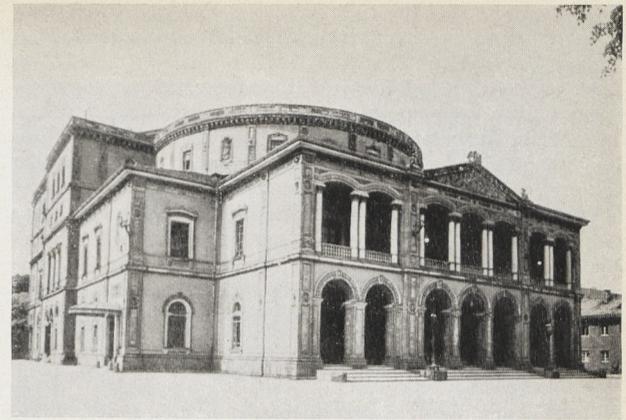


Abb. 21 Ehemaliges Schloßtheater in Karlsruhe. Zustand vor der Zerstörung

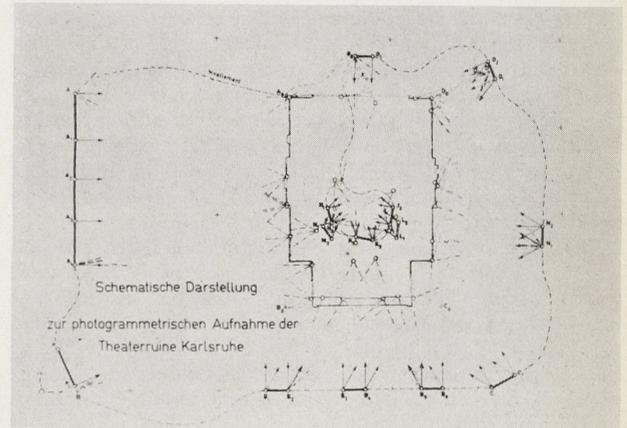


Abb. 22 Standpunkte zur photogrammetrischen Aufnahme der Theaterruine in Karlsruhe

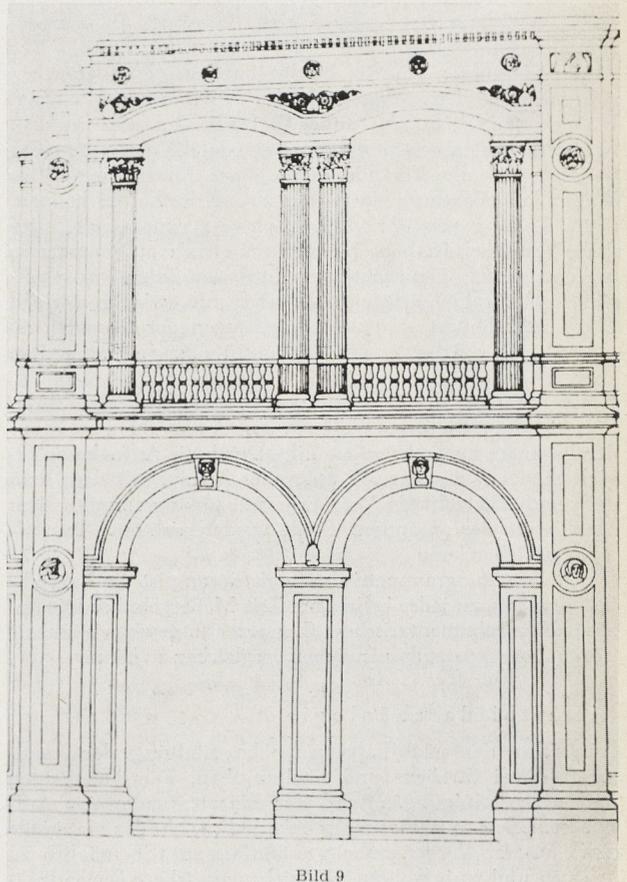


Bild 9

Abb. 23 Photogrammetrische Auswertung eines Details der Theaterruine in Karlsruhe

den mittels der Stereogramme rekonstruiert. Nur etwa 500 qm fehlen, deren Gestaltung, bedingt durch Kriegseinwirkung, nicht mehr wiedergegeben werden kann. Auf Anordnung der französischen Regierung werden in der letzten Zeit beispielsweise sämtliche historische Kulturstätten des französischen Mittelmeergebietes durch das archäologische Institut der Universität Aix-en-Provence systematisch dokumentiert, ein Vorhaben, das auch in der

<sup>4)</sup> Raab, K. O., Über die photogrammetrische Aufnahme der Theaterruine Karlsruhe aus „Mitteilungen des Deutschen Vereins für Vermessungswesen“, Landesverein Baden-Württemberg 1963, Heft 1, S. 15 ff.

Bundesrepublik unbedingt erforderlich wäre. In Verbindung mit der schweizerischen Firma Wild (Herstellung optischer Instrumente von größter Präzision) wurden im Gebiet Marseille griechische und römische Baudenkmäler stereo-photogrammetrisch aufgenommen und zeichnerisch ausgewertet. In seltenen Ausnahmefällen wird auch die „einfachere“ Einbildphotogrammetrie angewandt, d. h. an Spezialgeräten entzerrte Einzelbilder des Bauwerks ausgewertet. In Österreich wurden mit Hilfe dieses Verfahrens letzte Aufnahmen und Auswertungen von dem zum Abbruch bestimmten Schloß Neuhohenwang (Steiermark) gemacht, ferner die Restaurierungspläne des Hauses Steiner Landstraße 66 in Krems gefertigt.

#### B) Photogrammetrische Bauregistratur

Nur kurz soll die photogrammetrische Bauregistratur angeschnitten werden. A. Meydenbauer, der Gründer der deutschen Meßbildanstalt, verfaßte das architektonisch-photogrammetrische Dokumentarwerk „*Documenta Germaniae*“<sup>5)</sup>. Das photographische Meßbild dient in erster Linie der Auswertung der Architektur des Bauwerkes. Es ist dank der objektiven und naturgetreuen Wiedergabe des zur Aufnahmezeit vorliegenden Zustandes gleichzeitig eine Unterlage für alle späteren Vergleichsmessungen und Forschungen. Nicht zuletzt ist das Meßbild eine dokumentarische Archivalie. Bei einer Zerstörung des Bauwerkes läßt sich der zerstörte Bestand anhand der Aufnahmen rekonstruieren.

Mit dem Profilzeichengerät des Kleinautographen ist eine direkte Auswertung von Profilen möglich. Löschner<sup>6)</sup> bringt in dieses umfangreiche Aufgabengebiet durch Gruppeneinteilung der Bestands- und Beweissicherungsaufgaben eine gewisse Ordnung:

Beweissicherungsaufnahmen zur Festhaltung eines vorhandenen Zustandes in der Natur vor Beginn von irgendwelchen Maßnahmen.

Beweissicherungsaufnahmen zur Erforschung der Auswirkungen dieser oben angeführten Maßnahmen.

Beweissicherungsaufnahmen zur Kontrolle der statischen Funktionen oder Bewegungen eines Bauwerkes (Setzungen, Senkungserscheinungen usw.).

Beweissicherungen durch Beschreibungen, Photographien u. a. sollen bei der strengen photogrammetrischen Bauregistratur<sup>8)</sup> außer Betracht gelassen werden. Nur solche Verfahren werden einbezogen, die den dauernden Bestand und die Veränderungen eines Kunstdenkmals in Maßzahlen oder auch durch Kartierung festhalten können. Unter Leitung von Prof. Löschner wurde das historische Aachener Rathaus photogrammetrisch aufgenommen, um entstandene Deformationen durch die Kriegseinwirkungen zu kontrollieren, gleichfalls aber, um, wie im vorigen Abschnitt erläutert, genaue Abmessungen der Fassaden zu erhalten. Eine Arbeit greift hier unmittelbar in eine andere über.

Photogrammetrische Auswertungen waren gleichfalls an der Rettung der Kunstwerke von Abu-Simbel aus den Nilfluten maßgebend beteiligt. Durch die Aufnahmen erhielt man ein unschätzbar wertvolles Archiv, mit dem man noch nach Jahrzehnten Vergleiche mit photogrammetrischen Meßbildern der an anderer Stelle wiedererrichteten Tempelanlagen ziehen kann.

Durch die photogrammetrische Registrierung ist die Möglichkeit gegeben, zu jeder beliebigen Zeit Meßergebnisse mit unzweifelbar dokumentarischem Charakter zu gewinnen, um sie mit späteren Zustandsaufnahmen vergleichen zu können.

#### C) Luftbildarchäologie

Angesichts der unaufhaltsamen Umgestaltung der Landschaft durch Straßen- und Siedlungsbau, Fabrikneubauten und Flurbereinigungen wird der Einsatz modernster Aufnahmemethoden immer mehr erforderlich, um das materielle Erbe unserer Vergangenheit so umfassend wie möglich zu erfassen und zu bewahren. Wieviel unersetzbare Bodendenkmale wurden durch Bau- und Meliorationsmaßnahmen mit modernen Großmaschinen schon vernichtet, weil man von ihrer Existenz keine Kenntnisse hatte oder keine Zeit vorhanden war, um zufällig gefundene Reste fachmännisch ausgraben und erfassen zu können.

Etwa 1918 wurden durch den auch als Burgenforscher bekannten Archäologen Carl Schuchardt erstmals planmäßig Luftbildaufnahmen des römischen Limes in der Dobrukscha gemacht. Große Landschaftsumgestaltungen ließen hier Kastelle, Gräben und Wälle restlos verschwinden. Dank der Aufnahmen Schuchardts konnten

der Limes und seine Befestigungsanlagen in diesem Bereich lagegetreu festgelegt werden. 1955–1957 wurde in Polen die etwa 2500 Jahre alte Stadt Biskupin durch eine Fesselballon-Kamera vollkommen photographiert und die Ergebnisse kartenmäßig festgehalten.

Heute werden für archäologische Luftbildaufnahmen nicht nur Spezial-Fliegerkameras benutzt, sondern für Schrägbilder aus niedriger Flughöhe Kleinbildkameras und selbst 16-mm-Schmalfilmgeräte. Senkrecht-Reihenbilder führen zu einem zu großen Filmverschleiß; üblich sind Einzelbilder oder Einzelmodelle nach visuellen Beobachtungen<sup>9) 10)</sup>.

Dereinst wurden nach der Zerstörung oder Aufgabe von Bauten und Wehranlagen die Gebäude abgetragen, die Straßen und Ruinenreste umgepflügt und die Gräben schwemmen zu. Die menschlichen Eingriffe störten das natürliche Gefüge des Bodens, und auch eine oberflächliche Einebnung konnte nicht die konservierende Wirkung des Bodens aufheben. Noch heute nach vielen Jahrhunderten, ja oft nach zwei und mehr Jahrtausenden macht sich die Störung der Bodenschichten im Luftbild bemerkbar.



Abb. 24 Durch photographische Aufnahme festgehaltene Bewuchsmerkmale eines unbekanntes Bauwerks unterhalb Ruine Lindelbrunn/Pfalz



Abb. 25 Luftbildaufnahme der Bewuchsmerkmale einer Motte bei Dinslaken, Bild links. Freigegeben Reg.-Präs. Düsseldorf, Nr. 16/25/3256



Abb. 26 Im Luftbild sichtbare Motte und Vorburg bei Neunkirchen, Kreis Grevenbroich, Bild rechts. Freigegeben Reg.-Präs. Düsseldorf, Nr. 16/25/3262

5) Burkhardt, Rudolf, *Welchen Weg nahm das Meydenbauersche Denkmälarchiv „Bildmessung und Luftbildwesen“*. 1958, S. 119 ff.

6) Löschner, Fritz, *Die photogrammetrische Bauregistratur*. In: „*Bildmessung und Luftbildwesen*“ 1964, Heft 1 und 2

7) Ahrend, Martin, *Photogrammetrische Großgeräte*. *Zeiss-Informationen*, Heft Nr. 59, S. 7–14. Heft Nr. 66, S. 130–143. Heft Nr. 71, S. 17–29

8) Raab, K. O., *Architektur bildmessung*. Karlsruhe 1960

9) Riemann, W., *Luftbildarchäologie in Italien*. „*Bildmessung und Luftbildwesen*“ 1963, Heft 3  
Filtzinger, Philipp, *Wehranlagen am Donaulimes in Baden-Württemberg im Luftbild* in „*Fundberichte aus Schwaben*“. Neue Folge Heft 18/1, 1967



Abb. 27 Im Luftbild sichtbare Befestigung aus dem 17. Jahrhundert bei Budberg, Kreis Moers. Freigegeben Reg.-Präs. Düsseldorf, Nr. SO — 831

Irwin Scollar<sup>10)</sup> gibt in seinem grundlegenden Buch „Archäologie aus der Luft“ folgende Merkmale an, für welche er die in Abbildung 28 wiedergegebene schematische Darstellung vorschlägt:

1. Schattenmerkmale: Minimale Höhenunterschiede, hervorgerufen durch unter der Erde liegende Bauwerke, werden bei schräger Sonneneinstrahlung durch den Schatten im Luftbild sichtbar.

2. Bodenmerkmale: (Abb. 24–28)

a) Bewuchsmerkmale.

Die Bewuchsunterschiede sind die Hauptursache der Sichtbarkeit unterirdischer Bodenstörungen im Luftbild. Über eingeschwemmten Gräben ist der Boden oft tiefergründiger, das Getreide wächst besser und nimmt im allgemeinen eine dunklere Farbe an als an den Stellen des natürlichen Untergrundes. Umgekehrt ist der Bewuchs über Mauerfundamenten und Wallschüttungen schlechter und zeigt meist eine hellere Farbe als auf natürlich gewachsenem Boden. „crop sites“ kommen besonders stark in Getreidefeldern zur Geltung, weniger gut bei Hackfruchtanbau. In den Monaten Mai bis Juli sind die Bewuchsunterschiede besonders gut zu erkennen.

b) Bodenmerkmale.

Bereits bevor der Bewuchs beginnt, etwa im März/April sind Bodendenkmale auf Grund der Bodenmerkmale in Luftbildaufnahmen festzustellen. Bodenunterschiede, die durch die Störung der natürlichen Schichtung des Bodens hervorgerufen werden, hängen sehr stark vom Wassergehalt ab. Archäologische Fundstellen können auf Grund von Bodenmerkmalen nur bei wirklicher Trockenheit ausgemacht werden.

c) Feuchtigkeitsmerkmale.

Archäologische Anlagen verändern das Wasserspeichervermögen des Bodens. Beste Aufnahmezeit sind die ersten Frühjahrsmonate, wenn der Boden durch Pflug, Egge und Walze frisch geglättet ist.

Einige Beispiele, z. T. auf Grund der Luftbildaufnahmen neu entdeckter mittelalterlicher Wehranlagen mögen für sich sprechen: Alle Anlagen sind durch die Bewuchsunterschiede für den Flieger und Aerophotographen sichtbar geworden. Unbekannt war bisher die vom Verfasser in einem Schrägbild aufgenommene Siedlungsstelle im Tal am Fuße der Burg Lindelbrunn/Pfalz, aufgenommen im Hochsommer 1966. Im hohen Getreide kommen deutlich die Umrisse eines Gebäudes sowie eines runden Eckturmes heraus (Abb. 24).

Seit über einem Jahrzehnt führt das Rheinische Landesmuseum in Bonn unter der wissenschaftlichen Leitung von I. Scollar (Abb. 28) systematisch Bildflüge nach archäologischen Fundplätzen durch. Neben einer großen Anzahl vor- und frühgeschichtlicher Befestigungs- und Siedlungsanlagen wurden mittels Luftbildphotographie viele bisher unbekannte mittelalterliche Wehr- und Befestigungsbauten entdeckt und archiviert. Bereits bekannte Objekte konnten vollständig erfaßt und kartiert und oft in letzter Minute eine Grabung veranlaßt werden. Am 4. Juni 1964 wurde in einem Schrägbild eine Motte nahe Dinslaken aufgenommen (Abb. 25). Deutlich zu erkennen sind zwei runde Gräben. Innerhalb des kleinen Rundgrabens war die Turmhügelburg gelegen. Die Besiedlung ist bereits sehr nahe an die Burgstelle vorgegründet, und die vollständige Überbauung ist nur noch eine Frage der Zeit. In der Nähe von Neunkirchen im Kreis Grevenbroich wurde in einem Getreideacker im Juli

1964 eine Motte mit Vorburg photographiert (Abb. 26). Um die Hauptburg führte ein etwa viereckiger Graben, deutlich sichtbar durch die dunklere Färbung, hervorgerufen durch die größere Feuchte des Bodens; gleichfalls war die Vorburg von einem viereckigen Graben umschlossen. Eine Befestigungsanlage des XVII. Jh. wurde nahe bei Budberg in einem Getreidefeld entdeckt, photographiert und dadurch festgehalten (Abb. 27).

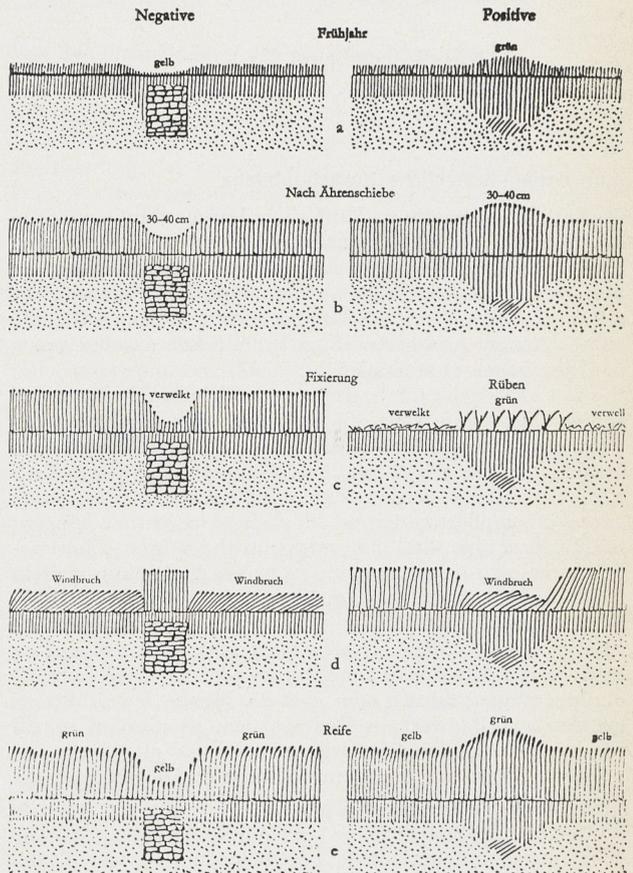


Abb. 28 Schematische Darstellung der Bewuchsmerkmale, nach Scollar

### Zusammenfassung:

Die geodätischen Arbeiten, wie sie in vorliegendem Aufsatz geschildert wurden, kommen allen Spezialgebieten der Geschichtsforschung zugute. Es liegt an dem einzelnen Bearbeiter, für welche Arbeitsmethode er sich entscheidet. Ausschlaggebend ist auch die Kostenfrage, über die im Aufsatz keine Angaben gemacht wurden, ebenso rechtliche Erwägungen, z. B. Aufnahmeerlaubnis für Luftbildaufnahmen sowie Freigabebescheinigungen der gefertigten Luftbilder. Es wäre eine vornehme Aufgabe unserer Vereinigung, hier aktiv tätig zu werden oder unterstützend einzugreifen. Hier wäre eine Institution, die Grundrißmessungen und Aufrißskizzen, photogrammetrische Bauregistaturen und Auswertungen zentral sammeln könnte.

Ein gutes Vorbild ist die vollständige Archivierung der Kunstdenkmale in Südfrankreich, die im Aufsatz kurz erwähnt wurde. Es ist für den Burgenforscher eine sehr große Hilfe, sich auf eine möglichst umfassende Burgenkartei stützen zu können.

Der Verfasser ist gerne bereit, spezielle Anfragen zu beantworten oder darüber zu diskutieren.

Literaturangaben sind als Randanmerkungen angeführt.

Es ist mir ein ganz besonderes Bedürfnis, einigen Herren und Institutionen zu danken, besonders Herrn Prof. Dr. Schwedfsky, Leiter des Instituts für Photogrammetrie und Topographie der Universität Karlsruhe, Herrn Prof. Dr. Ing. K. O. Raab aus Ettlingen in Baden, Herrn Dr. Irwin Scollar vom Rheinischen Landesmuseum in Bonn, Herrn Dipl.-Ing. H. Sander vom Staatsbauamt Kassel, der Stadtbildstelle Karlsruhe und der Firma Wild AG, Heerbrugg/Schweiz. Klein

Wir machen auf den Bericht von W. Staudt „Vermessung und Beobachtungen an Burgruinen“ in „Burgen und Schlösser“ 1970/II, Seite 61–66, aufmerksam. Schriftlgt.

<sup>10)</sup> Scollar, Irwin, Luftbild und Archäologie, Spuren der Vergangenheit im rheinischen Boden. Herausgegeben vom Rheinischen Landesmuseum Bonn, 2. Auflage, Bonn 1962  
Scollar, Irwin, Archäologie aus der Luft. Schriften des rheinischen Landesmuseums Bonn, Band 1, Düsseldorf 1965

<sup>11)</sup> Lacmann, Otto, Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nichttopographischem Gebiet, Leipzig 1950

<sup>12)</sup> Luftbild und Vorgeschichte in „Luftbild und Luftbildmessung“, Nr. 16, Hansa-Luftbild Berlin 1938

<sup>13)</sup> Foranitti, Hans, Die Bildmessung in der Hand des Baufachmannes, Deutsche Bauzeitung 1966, S. 786 bis 792, S. 874–880

<sup>14)</sup> Schmidt-Kraepelin, Ernst, Internationales Colloquium über archäologische Luftbildforschung vom 31. 8. bis 3. 9. 1963 in Paris, aus „Bildmessung und Luftbildwesen“ 1964, Heft 1