Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 96 (1998)

Heft: 10

Artikel: Archäologische Prospektion mit Bussolentachymetrie

Autor: Glutz, Rudolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-235482

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Archäologische Prospektion mit Bussolentachymetrie

Trotz den Möglichkeiten moderner Messtechnik bleibt die Bussolentachymetrie ein effizientes und preisgünstiges Verfahren zur Kartierung von Bodendenkmälern. Die Mess- und Zeichenarbeit im Terrain ist die unerlässliche Bedingung, um eine verbindliche Feinprospektion des Geländes zu erreichen. Die Methode bewährt sich am besten in dichtem Bewuchs oder schwierigem Felsgelände. Eine allfällige Weiterbearbeitung des Planes mit EDV-Mitteln kann durch Digitalisierung des von Hand erstellten Tuschplanes erreicht werden. Andere, bekannte Aufnahmeverfahren wie Messtisch, Automatische Tachymetrie, Photogrammetrie und GPS werden im Vergleich diskutiert.

Malgré les possibilités offertes par la technique de mensuration moderne, la tachymétrie à boussole reste un moyen efficace et économique pour la cartographie de monuments terrestres. Le travail de mensuration et de dessin dans le terrain est une condition indispensable pour atteindre une prospection fine du terrain. Les meilleurs résultats de cette methode sont obtenus dans la brousse ou en terrain rocheux difficile. S'il s'avère nécessaire de retravailler le plan par des moyens informatiques on peut digitaliser le plan dessiné à la main. La discussion porte également sur la comparaison d'autres méthodes de relevé connues, telles que planchette, tachymétrie automatique, photogrammétrie et GPS.

Malgrado le possibilità offerte dalle tecniche moderne di misurazione, il teodolite a bussola rimane uno strumento efficiente e conveniente per le prospezioni archeologiche. Per una ricerca approfondita è indispensabile effettuare le operazioni di misurazione e disegno direttamente sul terreno. Questo metodo si addice specialmente in presenza di fitte foreste o impervi rilievi rocciosi. La successiva elaborazione del piano con strumenti CAD è possibile tramite scansione o digitalizzazione del disegno. L'articolo confronta questo metodo con altri procedimenti come la tavoletta pretoriana, la tacheometria automatica, la fotogrammetria e il GPS.

R. Glutz

1. Einleitung

Im heutigen digitalen Zeitalter kann eine Geländeaufnahme sozusagen als eine Digitalisierung im Massstab 1:1 betrachtet werden, ein Abtasten der Erdoberfläche mit einem Sensor, dessen Position auf vollautomatischem Weg in einen elektronischen Speicher gelangt und von da zur Weiterbearbeitung bis hin zum Planausdruck auf einem Plotter. Solch neue Verfahren lassen sich in aller Kürze unter dem Stichwort «elektronischer Messtisch» zusammenfassen [9] [14]. Da die Instrumentenfirmen die Produktion unrentabel gewordener optisch-mechanischer Theodolite einstellen, bleibt dem Anwender auch gar keine andere Wahl, als bei diesem Trend mitzumachen: der Geometer wird zum Geomatiker und Datenmanager. Diplomarbeiten der letzten Jahre insbesondere an der EPFL beschreiben Aspekte dieser Entwicklung, doch fällt auf, dass bei durchaus positivem Grundtenor gewisse Probleme nicht verhehlt werden, wie folgende Zitate zeigen:

Gerne möchte man von GPS-bestimmten Punkten aus eine Polaraufnahme schwierig einsehbarer Details anhängen, aber «Es zeigt sich, dass die relativ einfache und einleuchtende Idee vom «verlängerten Arm» des GPS heute erst ungenügend in die Praxis umgesetzt wurde. An einen produktiven Einsatz kann vorläufig nicht gedacht werden.» ([10] S. 327).

Naheliegend wäre es auch, ohne Reflektor und Gehilfen zu messen, doch «En effet, de par la nature des objets à lever, il faut employer un réflecteur et, même avec celui-ci, le distancemètre calcule la distance sur des branches intermédiaires.» ([3] S. 451). «Ein Reflektor ist jedoch unumgänglich bei Bodenpunkten» ([10] S. 325), denn mit schleifendem Schnitt auf bewachsenem Boden dürfte eine Terrainaufnahme sozusagen unmöglich sein (wobei ja nur eine dichte, quasi rasterförmige Aufnahme von Punkten überhaupt erlauben könnte, ohne eine Geländebeurteilung vor Ort auszukommen). Aus gleichem Grunde fallen auch andere reflektorlos messende Handgeräte und Feldstecher nicht in Betracht [10].

Ein getesteter Sensor wie der Criterion [9] [10], mit welchem sich dank magnetischer Orientierung alle drei Polarkoordinatenwerte direkt ermitteln lassen, versagt (wie oben angegeben) im Wald, weshalb «Une mise en œuvre efficace et précise de la méthode GPS est envisageable à condition de disposer de clairières suffisamment étendues ou de lisières de forêts. ...Le Criterion n'a pas convenu à la spécificité du mandat proposé.» ([3] S. 452). Im übrigen entsprechen die Genauigkeitsangaben für dieses Gerät recht exakt denen des Bussolentheodoliten Wild T0, nur können dort die Messwerte eben nicht automatisch registriert werden. Aber «Die meisten der oben angeführten Instrumente wurden als unabhängige Geräte entwickelt und sind daher nur beschränkt kombinierbar mit bestehenden GPS-Ausrüstungen.» ([10] S. 326). Interessanter ist jedoch die Möglichkeit der Einmann-Vermessung mit Hilfe eines motorgetriebenen, vom Reflektor aus gesteuerten Theodoliten (vgl. unten).

Die Bildschirmgrösse eines Feldcomputers ist ziemlich klein und steht im Konflikt zu dessen Gewicht, sodass auch jetzt gilt: «Der Nutzen der graphischen Darstellung darf nicht überschätzt werden. Ein gedruckter Plan ist immer noch übersichtlicher und schneller zur Hand als die gewünschte Zoomoptik» ([10] S. 327). Denn «...l'écran d'un «penpad». ...se trouve rapidement obstrué lors de l'appel de différentes fonctions» ([14] S. 164).

Was in den hier zitierten Arbeiten etwas weniger zum Ausdruck kommt, umso mehr aber in persönlichen Gesprächen

immer wieder aufscheint, ist der hohe Aufwand für Geräte, Programme und – am wenigsten sichtbar – für die Schulung der Anwender («Les croquis de terrain électroniques, comme toute technologie innovatrice, nécessitent une phase importante de mise au point.» [14] S. 165). Und wirklich produktiv sind solche Geräte und Verfahren eigentlich nur, wenn die Anwender einigermassen regelmässig damit arbeiten und mit Schulung, Soft- und Hardware ständig auf dem hohen Stand der Technik bleiben, denn «nach 2–4 Jahren ist ein heute aktuelles System bereits wieder überholt» [12]. Wenn auch immer wieder der grosse Zeitgewinn dank EDV betont wird, ergeben sich demgegenüber so hohe Aufwendungen für Einführung, Betrieb und Amortisation eines Systems, wie man es sich früher kaum vorstellen konnte. Im Vergleich mit der Betriebssicherheit anderer Maschinen (z.B. Motorfahrzeuge) ist es dem Schreibenden zudem unverständlich, mit welch wohlwollender Toleranz jegliche Pannen im EDV-Bereich akzeptiert werden (von fehlenden Ersatzbatterien im Feld bis zum Ausfall des Kommunikationsnetzes zum Provider, was kürzlich an einer Informationsveranstaltung zum Internet über 60 Fachleute buchstäblich «in die Röhre gucken» liess). Mit andern Worten: um die jeweils benötigte Sicherheit oder Redundanz eines EDV-Systems zu gewährleisten, müssen erst recht zusätzliche Mittel investiert werden.

All diese Probleme stellen sich in verstärktem Masse für berufsfremde Anwender, welche ja immer mehr die originale Datenerhebung selber durchführen [13]. Erfahrungen des Autors zeigen aber, dass gerade im Bereich der Archäologie das Auftragsvolumen oft gar nicht vorhanden ist, welches die Anwendung solcher Methoden erst wirtschaftlich interessant macht; fast immer geht es um Einzelfälle in immer neuen Konstellationen. Und wenn dann einmal dank des Zauberwortes «modernste Technologie» Geld für die Vermessung zur Verfügung steht, einigen sich auftraggebender Archäologe und ausführender Techniker immer wieder von neuem auf die Durchführung eines sogenannten Pilotprojektes. Entweder teure Vermessung oder dann gar keine, scheint öfters die Losung zu sein, und dies offenbar nicht nur in der Archäologie [13].

Abb. 1: Vermessung einer Höhlungsburg in den Felswänden über Malvaglia TI; die Mauer in der Bildmitte ist eine sog. Traverse zum Schutz gegen Kletterangriffe auf der Rückseite der Burg (Photo L. Högl).

Vor dem Hintergrund solcher Überlegungen ist beispielhaft auf ein Verfahren alter Schule hinzuweisen, welches mit minimalem Aufwand an Geräten und Ausbildung noch heute durchaus konkurrenzfähige Resultate ergibt, zumindest in jenem Bereich der archäologischen Forschung, wo es darum geht, ohne jeden Eingriff in den Boden eine «Spurensicherung» in Form detaillierter Geländeaufnahmen durchzuführen. Zumindest in der jetzigen Zeit, bei zunehmendem Kostendruck und anhaltender Arbeitslosigkeit wird eine solche Art zu vermessen weiterhin ihren Sinn haben, könnte aber auch in verwandten Disziplinen wie Geschichte des Bergbaus oder bei der Kartierung alter Wasserleitungen und Wege angewendet werden. Ein grosses Potential an kostengünstiger Handarbeit läge auch in Entwicklungsländern, wo vermehrt High-Tech durch «sanfte Technologie» ersetzt werden sollte, damit vorhandene Gelder eher in die Ausbildung und in (billige) Arbeitslöhne fliessen können (analoge Bestrebungen finden sich in vielen Bereichen «Angepasster Technologie», von Kleinkraftwerken über die Wasserversorgung [2] bis zum Holzschlag [7]). Ob solche Ansichten von den Betroffenen geteilt werden und in die aktuelle Politik passen, ist allerdings genau so zu beachten wie das Problem der jeweils benötigten Ausbildung.

2. Vermessung am Institut für Denkmalpflege ETH

Seit 1972 besteht am Institut für Denkmalpflege der ETH Zürich die Stelle eines Geometers mit dem Auftrag, die einschlägigen Vermessungsprobleme der Denkmalpfleger und Archäologinnen zu bearbeiten und insbesondere Fundstellen mit ihrer Umgebung zu kartieren. Breite der Tätigkeit und Beschränkung der Mittel hatten zwangsläufig zur Folge, dass moderne Technik wie Photogrammetrie und EDV nur am Rande eingesetzt werden konnten und die Aktivitäten des Stelleninhabers sich vorwiegend in Nischen entfalteten, wo sich die heute üblichen Methoden weniger eignen (Abb. 1). Daneben wurden den ArchäologiestudentInnen und Ausgrabungstechnikern in kleinen Kursen elementare Vermessungskenntnisse vermittelt, wofür mechanische Theodolite (allenfalls mit aufgesetztem Distanzmesser) didaktisch vorteilhaft sind. Hauptaufgabe ist aber die archäologisch-topographische Kartierung. Das im Folgenden beschriebene, vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege übernommene und seither weiter entwickelte Verfahren der Bussolentachymetrie bewährte sich vor allem in schwierigstem Gelände, wo sich mit keiner anderen Methode vergleichbare Resultate erzielen liessen (z.B. in Arconciel, Abb. 2 und 3).

3. Das Verfahren der Bussolentachymetrie

Pläne sind bekanntlich ein wesentlicher Bestandteil jeglicher Ausgrabungsdoku-

Abb. 2: Ruinen des mittelalterlichen Städtchens Arconciel in einer Saaneschleife südlich von Fribourg; bearbeiteter Felskopf mit Balkenlöchern und Nischen (Photo A. von Glutz).

mentation; und für viele ArchäologInnen ist es heute selbstverständlich, die Befunde mit modernen Theodoliten zu vermessen und mittels EDV weiterzubearbeiten. Selten aber sind die Leute vermessungstechnisch soweit geschult und ausgerüstet, dass sie selber einen Übersichtsplan anfertigen können, welcher den untersuchten Platz in seine weitere Umgebung stellt, die Lage der Ausgrabungsflächen angibt und die übrigen Geländebefunde zeigt. Für einen solchen einzelnen Plan innerhalb der umfangreichen Grabungsdokumentation muss deshalb von Anfang an das Prinzip gelten: möglichst rasche und damit kostengünstige Aufnahme bei gerade noch zumutbarer, hier also minimaler Genauigkeit (sofern sich damit ein Zeitgewinn herausholen lässt).

Die Bussolentachymetrie nun entspricht diesen Vorgaben und lässt sich wie folgt beschreiben [6]:

- Beschaffung von Fixpunkten in Lage und Höhe am Objekt selber mittels Bussolenzug, ausgehend von Punkten der offiziellen Vermessung, je nach Bedarf aber auch mit Polygonzug und elektrooptischer Distanzmessung (z.B. für geplante Ausgrabungen)
- Einbezug von Grundbuchplänen oder älteren Aufnahmen (wobei aber die Verifikation und Ergänzung eines alten Planes normalerweise mehr Aufwand bedeutet als eine routinierte Neu-Kartierung)
- Lagebestimmung des Instrumentes mit Distanzen und magnetischen Richtungen als «freie Stationierung» mit graphischer Ausgleichung, Berechnung und Mittelung der Höhen; damit sehr freie Wahl des Theodolit-Standortes möglich
- Signalisierung der Messpunkte mit cm-geteilten Lindenmann-Nivellierjalons von 2 m Länge (durch exzentrische Aufstellung oder Verlängerung auf 4–8 m lassen sich sozusagen alle Schwierigkeiten von Bewuchs und Gelände meistern)
- Polaraufnahme von möglichst wenigen Geländepunkten (50–100 pro ha) mit Strichdistanzmessung nach Reichenbach, Notierung zusätzlicher Bemerkungen und allenfalls Skizzen zu jedem Punkt (jede Linie erfordert mindestens zwei Punkte, da Richtungen nicht geschätzt werden können; mit Schrittmass hingegen und aus freier Hand lassen sich viele weitere Details hinzufügen); in Extremfällen auch Vorwärtseinschnitte oder Einsatz eines optisch-mechanischen Telemeters
- Markieren zahlreicher Messpunkte mit Holzstecken oder Zweigen für spätere Stationsbestimmungen oder als Erleichterung beim Zeichnen
- Berechnung der Horizontaldistanzen und Höhen mit programmierbarem Taschenrechner und Auftragen der Punkte auf Folie mit Transporteur (Spezialmodell)
- Skizzierung von Situation und Höhenlinien im Gelände an Ort und Stelle (dadurch Möglichkeit, schlecht einsehbare oder nicht begehbare Flächen auch ohne Messungen freihändig zu zeichnen); Massstab üblicherweise 1:500, Äquidistanz 2 m, in flachem Gelände 1 m (mit Zwischenkurven nach Bedarf)
- Hochzeichnen des Krokis (Feldoriginal) auf Folie mit sämtlichen Informationen, Messpunkten usw. in Tusche als kopierfähiger Handriss (Beispiel siehe Abb. 5)
- Reinzeichnung nach den Wünschen des Auftraggebers konventionell von Hand (Abb. 3) oder Digitalisierung des gescannten Handrisses direkt auf dem Computer-Bildschirm (Abb. 6); für die einheitliche Darstellung hat der Verfasser zusammen mit deutschen Kollegen Zeichenrichtlinien erarbeitet [5]
- Vermessungsrapport (Technischer Bericht) mit Liste der Grundlagen, Koordinaten der Fixpunkte und weiteren Erläuterungen.

Rechteckige und nach Norden ausgerichtete Planausschnitte werden angestrebt, wobei im Gegensatz zu normalen Karten auch eine gewisse Inhomogenität in Kauf genommen wird (detaillierte Darstellung des archäologisch relevanten Zentrums, eher grosszügige Bearbeitung der Ecken). Im Falle zeitlicher Beschränkungen (Stunden bis höchstens zwei Tage) ist es auch möglich, auf die gleiche Weise einen ersten Überblick, eine ganz grobe Skizze zu entwerfen (sogenannte Einmessung, vgl. [1] und Abb. 4), wobei dann etwa die folgenden Abstriche zu machen sind:

- Lage- und Höhenanschluss nur an abgegriffene Punkte der Landeskarte 1:25 000
- Verzicht auf eine lückenlose Erfassung der ganzen Fläche

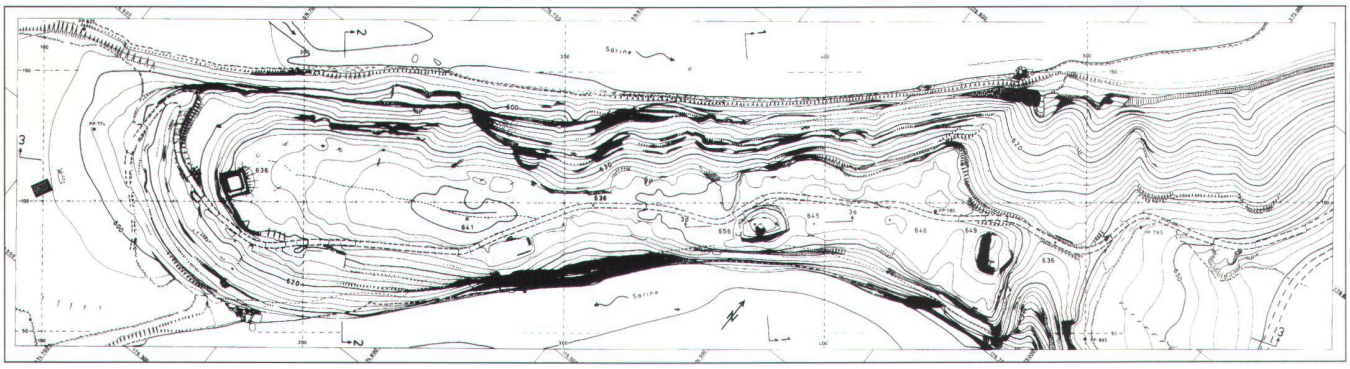


Abb. 3: Archäologisch-topographische Kartierung der Stadtwüstung Arconciel FR, Ausschnitt ca. 1:3000, Äquidistanz 2 m, Originalaufnahme im Massstab 1:500 (auch die weitere Umgebung und das ganze Flussufer umfassend); Zeitaufwand ca. 45 Feldtage; im Gelände und auf dem Plan sind längs des Zugangsweges erkennbar, von rechts (Nordosten) beginnend: Stadtgraben, Eingangsbefestigung, bearbeiteter Felskopf, zwei Hausgrundrisse mit grossen Kellern, Turm.

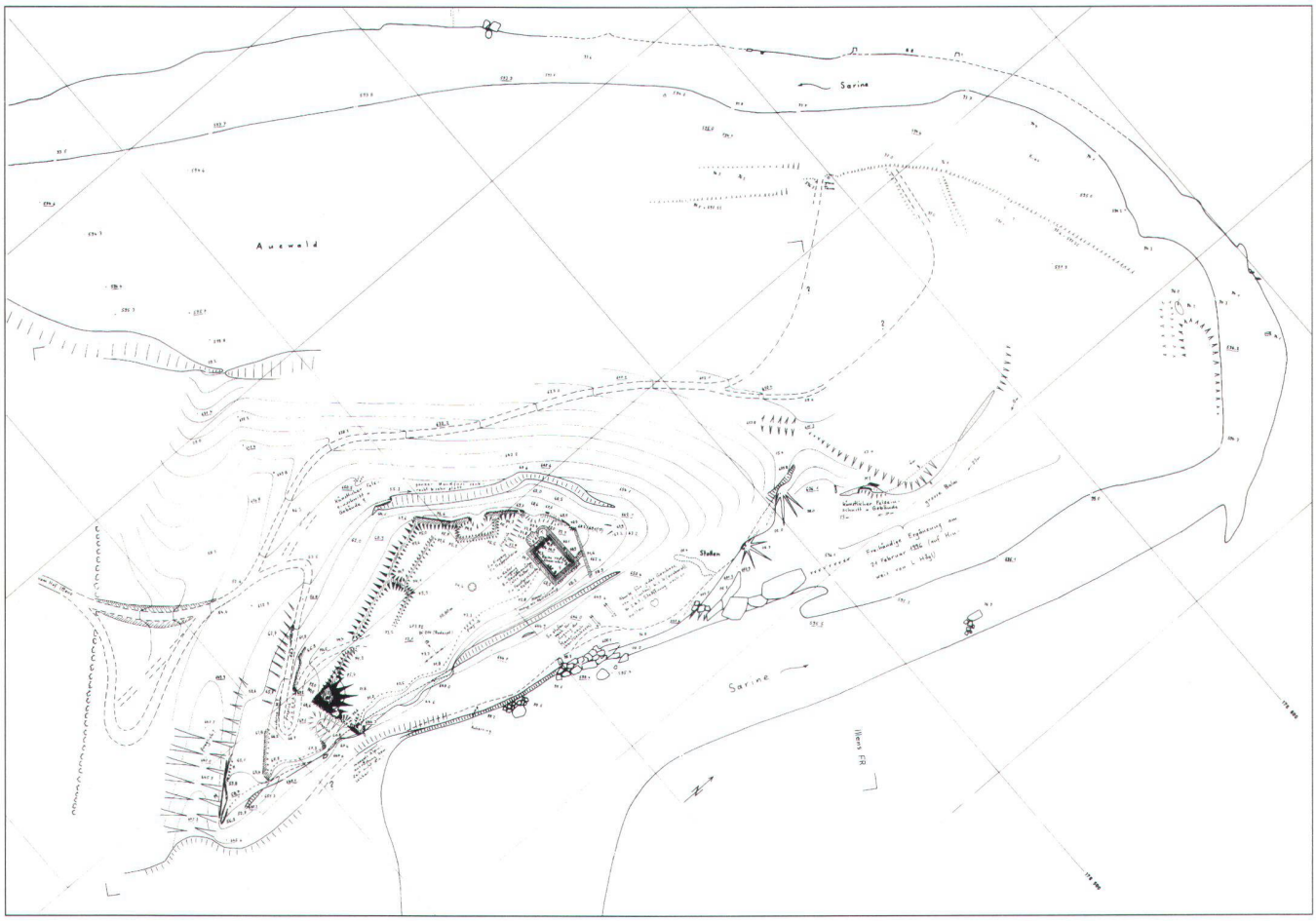


Abb. 4: Einmessung bzw. Skizzenaufnahme der Ruinen von Illens FR; Massstab ca. 1:3000, Äquidistanz 5 m, Originalaufnahme im Massstab 1:500; Messung in zwei Feldtagen; die Befestigung von Illens bildete mit dem gegenüberliegenden Arconciel einen Brückenkopf an der einzigen Stelle, wo der tief eingeschnittene Graben der Saane von beiden Seiten zugänglich ist; die entsprechenden Flussufer auf Abb. 3 und 4 sind identisch.

- Ausarbeitung des Feldoriginals im Büro statt im Feld (auf Grund einer vor den Messungen angefertigten Skizze)
- Äquidistanz 5 oder 10 m
- Verzicht auf den Handriss
- Verwendung von Vergrösserungen der Landeskarte oder des Übersichtsplanes.

Neueste Entwicklungen wie Einmann-Betrieb und Erhebung von Daten und Topo-

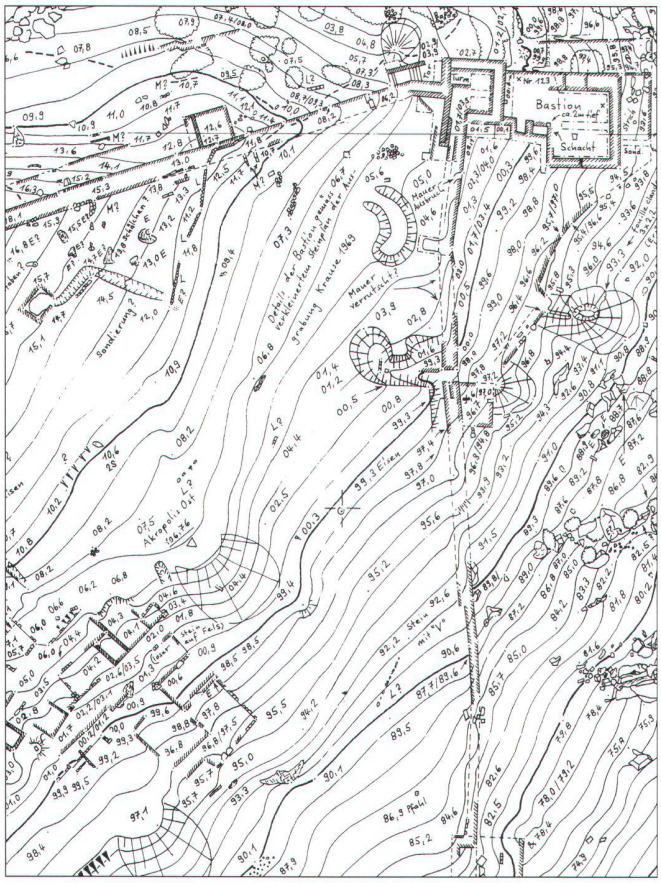


Abb. 5: Eretria in Griechenland, Schweizer Ausgrabungen, Topographie der Akropolis: Nordostecke der Stadtbefestigung; nebst den zahlreichen Mauern und Messpunkten fallen vor allem die Schuttkegel der Ausgrabungen auf; Handriss, Ausschnitt 1:1000, Originalaufnahme im Massstab 1:500.

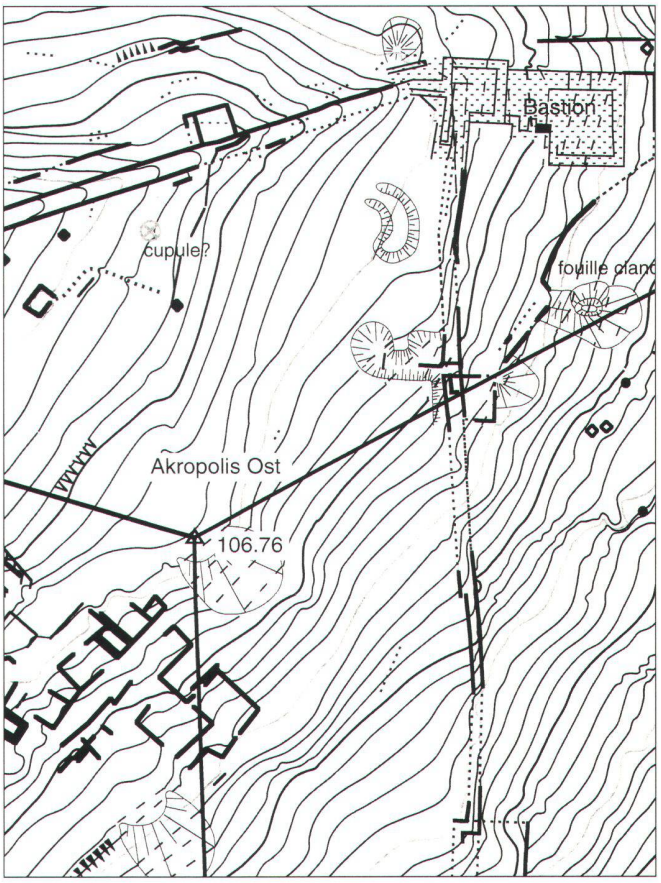


Abb. 6: Eretria, gleicher Ausschnitt 1:1000 wie Abb. 5, digitalisierter Reinplan: Rohfassung, welche – einem gewünschten Zweck entsprechend – nach Belieben gestaltet werden kann, aber auch gestaltet werden muss; der wichtige Vermessungsfixpunkt «Akropolis Ost» wurde mit einem Bolzen in einbetoniertem Zementrohr versichert.

logie am Zielpunkt [4] [9] hat der Verfasser schon vor über 20 Jahren vorweggenommen, erfolgt doch die Aufnahme mit der beschriebenen Bussolentachymetrie grundsätzlich durch eine einzige Person, weil die zahlreichen Gänge zwischen Theodolit und Messpunkten erst die angestrebte gründliche Kenntnis des Geländes ergeben – und zwar derart, dass auch ein negativer Befund eine forschungsrelevante Aussage darstellt. Der Zwang zum Messen garantiert, dass der Topograph das Gelände wirklich durchkämmt und alle irgendwie sichtbaren Spuren erkennen, interpretieren und aufzeichnen kann. Entdeckung von neuen, bisher unbekannten Details ist sozusagen zwangsläufig die Folge und bewirkt oft eine nachträgliche Ausweitung des Perimeters, was sich problemlos bewerkstelligen lässt. Archäologische Erfahrung des Topographen vorausgesetzt ist die Bussolentachymetrie somit eine echte archäologische Prospektion, wobei durch die integrierte Vermessung die Relikte im gleichen Arbeitsgang gefunden und aufgezeichnet werden. Da zudem eine grosse Freiheit in der Arbeitsorganisation ohne die geringsten Wartezeiten und ohne Verantwortung für einen Gehilfen besteht (vgl. [14] S. 164), lässt sich nachweisen, dass dieses Vorgehen durchaus wirtschaftlich ist und optimale Resultate ergibt (Zeitaufwand normalerweise 2–3 Feldtage pro ha, mit grosser Variationsbreite je nach Gelände und Anforderungen). Insbesondere hat der Topograph auf diese Weise auch genügend Musse, das Gelände zu verschiedenen Zeiten und aus verschiedenen Blickwinkeln anzuschauen, sich Gedanken über moderne und alte, natürliche und künstliche Veränderungen zu machen. Was dabei zum Vorschein kommt, gerade auch an schwer zugänglichen oder wegen der Vegetation kaum einsehbaren Stellen, ist schliesslich – neben der Wirtschaftlichkeit – der beste Ausweis für die Effizienz der Bussolentachymetrie. Dies wie auch die grosse Flexibilität der Methode sollen folgende Beispiele illustrieren:

Arconciel FR:
Aufwendige Kartierung zahlreicher Ruinen des mittelalterlichen Städtchens in dichtem Gebüsch, Entdeckung von Balkenlöchern in fast unzugänglichen Felsbändern, von möglichen Brückenwiderla-

gern am Flussufer, von Felsbearbeitungen unter weitausladenden Felsdächern (Abb. 2 und 3, siehe auch [6]); Zeitaufwand 5,8 Tage/ha.

Illens FR:
Grobe Übersicht der Burg- und Siedlungsruine in der Arconciel gegenüberliegenden Saaneschleife (Einmessung), Aufnahme in zwei Feldtagen (Abb. 4).

Giätrich im Lötschental VS:
Einmessung der Siedlung West bei widrigstem Wetter (ausnahmsweise zu zweit) in zwei Stunden vor dem Einnachten, damit Motivation für zwei Ausgrabungskampagnen der Universität Basel und dank Detailtopographie Entdeckung weiterer Siedlungsreste, u.a. mitten im Material- und Fahrzeugpark der Ausgrabung [1]; Zeitaufwand 2,6 Tage/ha.

Schweizer Ausgrabungen in Eretria, Griechenland, Topographie der Akropolis:
Wesentlich höhere Funddichte als erwartet, deshalb nach und nach Ausweitung des Perimeters auf volle 46 ha (wobei zeitweise bis zu 4 Topographen daran arbeiteten); Entdeckung von Steinbrüchen, Gräbern, Inschriften, altem Vermessungsraster usw. (Abb. 5 und 6); Zeitaufwand 5–7 Tage/ha.

Mont Vully FR:
Freihändige Ueberarbeitung eines photogrammetrischen Planes von 1,9 km², Aufnahme der archäologischen Befunde mit Bussolentheodolit (Abb. 7 und 8).

Üetliberg ZH:
Gleicher Auftrag und analoges Vorgehen wie beim Mont Vully, Lokalisierung eines bisher unbekannten Vorwallsystems von 1 km Länge (bislang nicht erkannt wegen zahlreicher Zerstörungen durch Erosion und Bau der Üetlibergbahn).

Stammheimerberg ZH:
Neukartierung trotz vorhandener photogrammetrischer und tachymetrischer Pläne, da nur die mit dem Messen erworbene Geländekenntnis zum Ziele führte; Zeitaufwand 2,4 Tage/ha.

4. Vergleich mit anderen Messmethoden

4.1 Messtisch

Alle Vorteile des Messtisches werden bei der hier vorgestellten Bussolentachymetrie übernommen und noch verstärkt: in Dickicht, Felswänden, Schluchten oder Höhlen kann gearbeitet werden, die Zeichnung erfolgt direkt am Ort, Berechnung und Punktauftrag sind ebenfalls im Feld möglich, der Topograph kommt mit dem fertigen Plan ins Büro zurück. Da die gleiche Person die Geländeinterpretation, das Messen, Zeichnen usw. durchführt, sind Ermüdung und Fehlerquellen geringer. Eliminiert werden aber auch gewisse Nachteile des Messtisches wie Gewicht der Ausrüstung und Abhängigkeit von der Witterung; zudem würde die Arbeit mit dem Messtisch etwelche Handfertigkeit und einen routinierten Gehilfen verlangen.

4.2 Photogrammetrie

Es versteht sich, dass bei grösseren Flächen, jedenfalls ab etwa 10 ha primär die Luftphotogrammetrie zum Zuge kommt (dies war im oben erwähnten Eretria wegen militärischer Geheimhaltung seinerzeit nicht möglich). Aber es fehlt (neben den Schwierigkeiten mit der Vegetation) die schon mehrfach betonte terrestrische Bearbeitung. Will man die Prospektion am Boden nachträglich durchführen, fehlt ausserdem die Messbasis, um erkannte Befunde mit der gewünschten Präzision einzumessen. Schon öfters wurden deshalb grosse Pläne von über 1 km² Fläche als eigenständige photogrammetrische Aufnahme konzipiert und dann die archäologisch interessanten Stellen trotzdem in der beschriebenen, herkömmlichen Weise mit Bussolentachymetrie aufgenommen und eingepasst (vgl. die erwähnten Beispiele Üetliberg und Mont Vully, Abb. 7 und 8).

4.3 Luftbildarchäologie

Dass gewisse archäologische Objekte auf Grund von Bodenverfärbungen oder Bewuchsmerkmalen aus der Luft entdeckt werden können, dürfte auch für Nicht-Archäologen eine bekannte Tatsache sein. Zuverlässige Resultate, die nicht nur Zufallstreffer sind, erhält man vor allem bei systematischen Befliegungen zu jeder Tages- und Jahreszeit. Jedoch erfordert diese Prospektionsmethode noch einigen zusätzlichen Aufwand, wenn die Beobachtungen auf dem Boden überprüft und mittels Luftbildentzerrung auf einen Plan

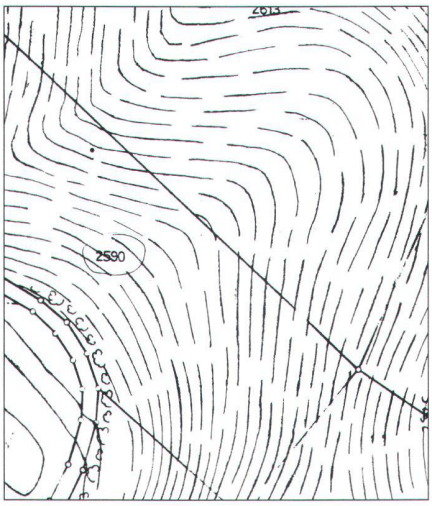


Abb. 7: Mont Vully FR, Ausschnitt 1:2000 aus der luftphotogrammetrischen Auswertung im Wald.

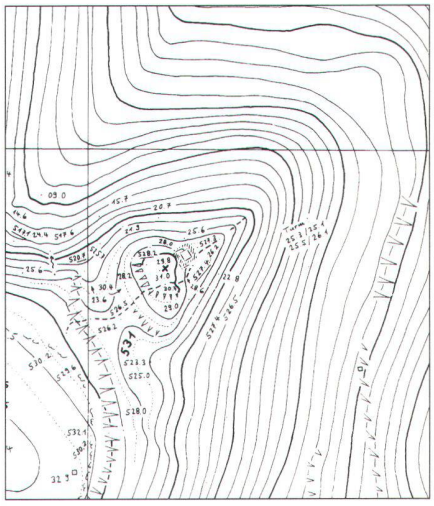


Abb. 8 Mont Vully FR, gleicher Ausschnitt 1:2000 wie Abb. 7: Einmessung der Turmruine mit Bussolentachymetrie und freihändige Überarbeitung der Höhenlinien.

übertragen werden sollen. Der Einsatz dieser Methode hängt stark von Vegetation, Klima, Bodenbearbeitung und anderen Faktoren ab, weshalb sie keine eigentliche Alternative zu den übrigen Aufnahmeverfahren darstellt, sondern eine von Fall zu Fall wesentliche Ergänzung.

4.4 Automatische Tachymetrie mit Datenfluss

Es ist verführerisch, die geschilderte Handarbeit durch moderne automatische Messverfahren mit geschlossenem Datenfluss ersetzen zu wollen [3]. Die Steuerung eines motorisierten Theodoliten vom Zielpunkt aus erlaubt sogar den gewünschten Einmann-Betrieb [4]. Der wesentlich höhere apparative Aufwand mag sich bald einmal auszahlen durch die mühelose und dichte Punktaufnahme, welche eine fast beliebig genaue Abbildung von Situation und Bodenform erlaubt. Durch geschickte Wahl der Punkte lassen sich zudem unnötige oder unerwünschte Undulationen des Geländes ausblenden. Damit ist dieses Verfahren geradezu ideal für die sehr genaue Kartierung kleiner Flächen in Masstäben 1:100 oder 1:50, wie sie etwa vor Beginn einer Ausgrabung benötigt wird (mit allen Vorteilen der rechnerischen und zeichnerischen Weiterbearbeitung mittels EDV bis hin zur Visualisierung als Digitales Terrainmodell). Für die hier im Zentrum stehenden Uebersichtspläne 1:500 aber fehlt wiederum die relativ bedächtige, langdauernde, intensive Beschäftigung des Topographen mit den Befunden. Auch bei Einsatz von 1 oder 2 zusätzlichen Gehilfen als Reflektorträger kann sich der verantwortliche Aufnahmeleiter erst recht keine adäquate Untersuchung des Terrains leisten, wie mehrfache Versuche in dieser Richtung gezeigt haben. Im Einmann-Betrieb mit Fernsteuerung vom Reflektor aus sind diese Probleme hingegen gelöst, Kosten und Gewicht der Ausrüstung aber noch höher (vgl. nächsten Abschnitt). Die weitere Bearbeitung auf dem Bildschirm bleibt in verschiedener Beziehung problematisch, nicht zu reden von den Schwierigkeiten einer einigermassen brauchbaren Felszeichnung [8].

4.5 Kartierung mit GPS

Die Einschränkungen von GPS im Wald und in der Nähe von Mauern und Felsen sind bekannt, Lösungen werden gesucht (vgl. die in der Einleitung zitierte Literatur). Die benötigte Genauigkeit ist prinzipiell in Echtzeit erreichbar (mit DGPS und RTK). Interessant wäre die Kombination mit Trägheitsnavigation, falls die gesamte Ausrüstung sozusagen auf Rucksack-Dimensionen reduziert werden könnte. Jedenfalls scheint es in naher Zukunft grundsätzlich möglich zu sein, dass der Topograph mit der Antenne auf dem Rücken und dem digitalen Messtisch vor sich im Gelände herumgeht, eine ausreichende Anzahl von Punkten misst und gleichzeitig den Plan fortlaufend am Bildschirm redigiert. Restriktiv dürften dann nur noch die hohen Aufwendungen für Material und Schulung sein, d.h. man wird sich überlegen müssen, ob einige wenige Spezialisten der Informatik und Archäologie eine derartige Arbeit ausführen sollen, oder ob es nicht vernünftiger ist, Ausgrabungstechniker für die einfache Handaufnahme mit dem nötigen Wissen und Material auszustatten, mit Material also, das in Jahren genau so veraltet ist wie jetzt, aber keiner Wartung und Erneuerung bedarf.

5. Ausblick

Soll aus den aufgeführten Gründen diese zweite Möglichkeit, die Bussolentachymetrie zum Einsatz kommen, dann stehen am Institut für Denkmalpflege die hierfür nötigen Unterlagen und Instrumente zur Verfügung (inklusive mehrere Bussolentheodolite; noch weitere Instrumente könnten im Bedarfsfall ausgeliehen werden). Es ist zudem denkbar, auch mit einfachen mechanischen Bautheodoliten zu arbeiten, umso mehr, wenn sie zusätzlich mit einer Aufsatzbussole versehen sind.
Rund ein Dutzend Personen liessen sich in den vergangenen Jahren im Verfahren der Bussolentachymetrie unterweisen. Es wurde zudem vom Verfasser 1994 an einer Tagung in Krems (A) vorgestellt, mit dem Ergebnis, dass österreichische Archäologen und Archäologinnen mit deutlich grösseren finanziellen Restriktionen als in der Schweiz sofort einen Ausbildungskurs wünschten. In der Folge wurden je zwölf StudentInnen und Fachleute der Universitäten Innsbruck und Graz in einem einwöchigen Feldkurs instruiert [11]. Eine gleiche Veranstaltung ist nun im Sommer 1999 an der Universität Zürich vorgesehen.
Daneben laufen am Institut für Denkmalpflege aber auch Untersuchungen, wie die Vorteile der Bussolentachymetrie mit der modernen Messtechnik verbunden werden könnten. Zentral ist hierbei das «Pencomputing» bzw. der »digitale Messtisch», ein mit Stift bedienter Feldcomputer. Einmann-Betrieb erlaubt die gesuchte Geländebeurteilung und ist sowohl mit ferngesteuertem Theodolit wie auch mit GPS grundsätzlich möglich. Grössere Bildschirmfläche, zunehmender Bedienungskomfort und sinkende Kosten werden eines Tages auch Anwendern aus andern Fachgebieten die Nutzung solcher Aufnahmeverfahren ermöglichen (vgl. Wunschliste und Zahlenangaben in [14]). Andererseits scheint es durchaus vorteilhaft zu sein, Handrisse in der bisherigen Weise mit Tusche zu zeichnen und erst nachher am Bildschirm zu digitalisieren (Abb. 5 und 6), damit sie ebenfalls mit CAD bearbeitet und in ein GIS überführt werden können. Ein Vor- und Nachteil zugleich ist, dass sich der für einen bestimmten Zweck benötigte Planinhalt in beliebigen Variationen zusammenstellen lässt, aber auch jedes Mal aufs Neue redigiert werden muss (vgl. Abb. 6). Im gegenwärtigen Zeitpunkt ist dieses Vorgehen erst wirtschaftlich, wenn der Plan für viele weitere Zwecke verwendet wird und nicht nur als Reinzeichnung in einer Publikation landet.

Literatur:

[1] Bader, C. und Wild, W.: Die topographische Vermessung von Bodendenkmälern. In: MILLE FIORI. Festschrift für Ludwig Berger. Forschungen in Augst 25. Augst 1998, 227–233.

[2] EAWAG: Von Trinkwässern und Stinkwässern. VPK 4/96, 174.

[3] Favre, C.: Levé en milieu forestier. VPK 7/97, 449–452.

[4] Gervaix, F.: Pencomputing: applications et perspectives. VPK 12/97, 768–771.

[5] Glutz, R., Grewe, K., Müller, D.: Zeichenrichtlinien für topographische Pläne der archäologischen Denkmalpflege. Köln 1984.

[6] Glutz, R.: Archäologisch-topographische Kartierung - terrestrische Handaufnahme mit Bussolentachymetrie. Vermessungswesen und Raumordnung, 50, Heft 4, 1988, 235–247.

[7] Glutz, R. und Flühmann, W.: Erster Handholzerkurs auf Ballenberg. Gut für Körper und Seele. Wald und Holz, 78, Nr. 12, 1997, 27.

[8] Hurni, L.: Modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und dreidimensionalen Visualisierungen. VPK 4/95, 278–283.

[9] Ingensand, H.: Neue Computertechnologien verändern Aufnahme und Absteckung. VPK 8/96, 419–422.

[10] Kunz, Th.: Integration von GPS-RTK und Sensoren in ein Erfassungssystem. VPK 6/98, 324–327.

[11] Lehner, M. und Roscher, M.: Der Kurs «Archäologisch-topographische Kartierung» an der Universität Graz im Mai 1995. Archäologie Österreichs 7, 1996, 38–39.

[12] Meisenheimer, D.: Quo vadis Wichmann KG? Quo vadis Leica/Wild? Der Vermessungsingenieur 4/97, 197.

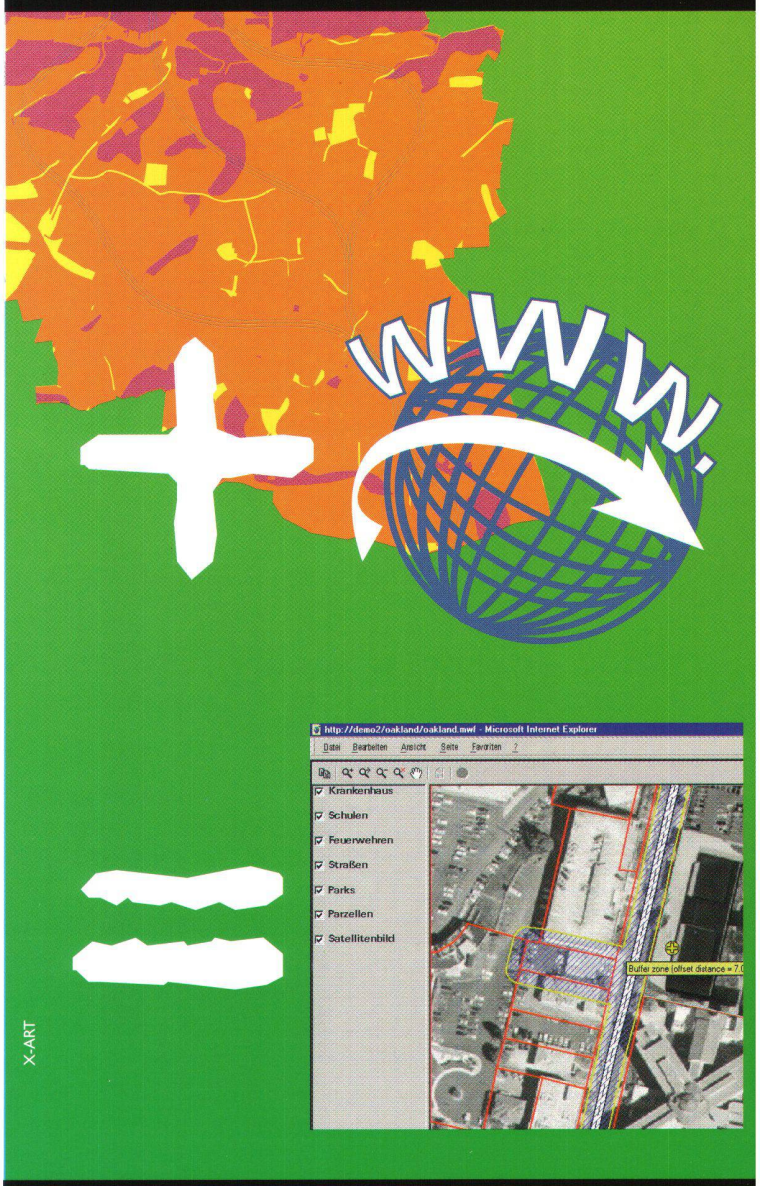
[13] Merminod, B.: Editorial: Bon vent aux nouveaux diplômés. VPK 7/97, 447.

[14] Studer, B.: Le croquis de terrain électronique. VPK 4/96, 163–165.

Ein ausführlicheres Literaturverzeichnis ist beim Verfasser erhältlich.

Rudolf Glutz, dipl. Ing. ETH
Institut für Denkmalpflege
ETH Zentrum
CH-8092 Zürich

Autodesk MapGuide®



Unsere Kombination von GIS und Internet

GIS at Autodesk!
bringing information down to earth™

Autodesk MapGuide ist die ideale Lösung, wenn intelligente Vektordaten, hohe Geschwindigkeit und einfache Installation bei sofortiger Produktivität gefordert sind. Mit Autodesk MapGuide können unbegrenzt große Mengen von Raster- und Vektordaten über das Internet/Intranet für Darstellungen, Abfragen, Analysen und Auswertungen genutzt werden.

Überzeugen Sie sich von der Leistungsfähigkeit der Software bei einem Fachhändler vor Ort.

Informationen zu Autodesk MapGuide und einem Fachhändler in Ihrer Nähe bekommen Sie über die Autodesk Infoline 0844 - 84 48 64.
Besuchen Sie uns auch im World Wide Web unter http://www.autodesk.de

Autodesk. DESIGN YOUR WORLD