

Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 33 (1987)

Artikel: Topographische Geländeaufnahme und kartographische Darstellung des Canal d'Enteroches (mit zwei Beilagen am Ende des Buches) = Le relevé et la représentation cartographique des vestiges du canal dans la cluse d'Enteroches (avec deux encarts volants à ...

Autor: Boberg, Frank / Kuhlmann, Werner / Mlodzian, Dirk

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-835427>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.05.2025

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

Topographische Geländeaufnahme und kartographische Darstellung des Canal d'Entreroches (mit zwei Beilagen am Ende des Buches)

Le relevé et la représentation cartographique des vestiges du canal dans la cluse d'Entreroches (avec deux encarts volants à la fin de cet exemplaire)

Frank Boberg, Werner Kuhlmann und Dirk Mlodzian

1. Einleitung

Geodäsie wird nach der klassischen Definition von F.R. HELMERT (1880) als die »Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche« bezeichnet [1].

Bei genauer Betrachtung dieser Definition werden die einzelnen Aufgabengebiete des heutigen Vermessungsingenieurs verdeutlicht. Eine Aufgabe besteht darin, die relative Lage von Punkten im Gelände sowohl im Grundriß als auch im Aufriß festzulegen. Man unterscheidet hierbei die Lage- und die Höhenmessung. Zur Lösung dieser Aufgabe sind Längen- und Winkelmessungen in horizontaler bzw. vertikaler Richtung im Gelände durchzuführen, die auch miteinander kombiniert werden können. Als Ergebnis der Vermessungs- und Berechnungsarbeiten ergeben sich Zahlenwerte in Form von Koordinaten und Höhen der aufgenommenen Punkte in einem streng definierten System.

Die zweite Aufgabe besteht darin, das gewonnene Zahlenmaterial so aufzuarbeiten, daß eine graphische Darstellung ermöglicht wird. Hierbei sind nun die verschiedensten Möglichkeiten wie z.B. die Grundrißdarstellung, die Blockbilddarstellung und die anaglyphische Raumbilddarstellung möglich.

Die Auswahl einer der hier angesprochenen Darstellungsarten richtet sich im wesentlichen nach dem Zweck der Karte.

Wird eine geometrisch exakte Darstellung angestrebt, so kann nur eine Grundrißdarstellung wie z.B. eine topographische Karte in Frage kommen. Soll aber die Geländeform plastisch verdeutlicht werden, ist die Blockbilddarstellung oder eine anaglyphische Raumbilddarstellung zu bevorzugen.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit den verschiedensten Berufssparten ermöglicht auch dem Vermessungsingenieur eine Erweiterung seines Aufgabenspektrums.

Aufbauend auf exakten Messungen kann somit eine Vielzahl von zweckgebundenen thematischen Karten entstehen.

Ein Beispiel für interdisziplinäre Zusammenarbeit in diesem Sinne ist die Kooperation zwischen dem Vermessungsingenieur und dem

1. Introduction

La géodésie est désignée, selon la définition classique de F.R. HELMERT (1880), comme la

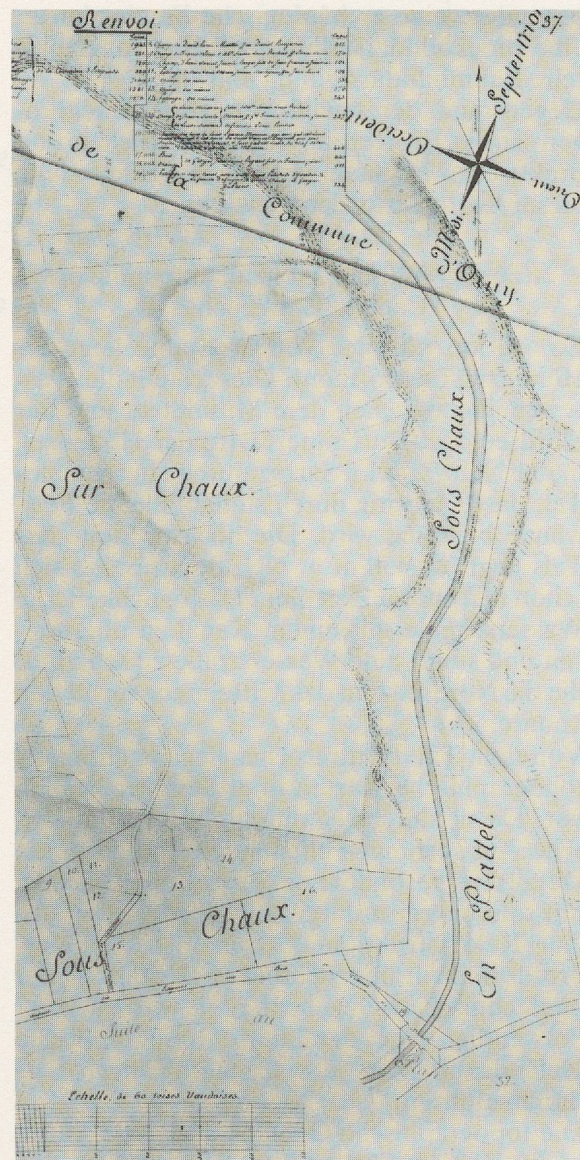


Abb. 1 Die Aufnahme des Kanals im Gebiet von Entreroches, um 1830–1834. Er war nicht mehr in Betrieb, aber noch nicht aufgeschüttet (um 1853). Katasterplan der Gemeinde Eclépens (Archives cantonales vaudoises).

Fig. 1 Le relevé du tracé du canal désaffecté dans la cluse d'Entreroches, en 1830–1834, avant les remblayages dûs au percement du chemin de fer, vers 1853. Plan cadastral de la commune d'Eclépens. (Archives cantonales vaudoises).

Archäologen. Der Vermessungsingenieur übernimmt hierbei die Aufgabe, die im Erdreich und zum Teil oberirdisch vorhandenen Spuren vergangener Epochen geometrisch exakt zu bestimmen und in großmaßstäbigen Karten (archäologische Fundortkarten) zu dokumentieren.

Gerade diese Aufgabe sollte bei der topographischen Geländeaufnahme des »Canal d'Entreroches« und der anschließenden kartographischen Auswertung im Rahmen der Diplomarbeiten von Frank BOBERG, Werner KUHLMANN und Dirk MLODZIAN realisiert werden. Aufbauend auf eine rechnergestützte Auswertung der Geländeaufnahme sollten insbesondere eine archäologische Fundortkarte, eine Blockbilddarstellung und eine anaglyphische Raumbilddarstellung entstehen.

Gegenstand der nachfolgenden Betrachtungen ist die Erörterung der theoretischen und praktischen Maßnahmen, die zur Herstellung dieser Karten erforderlich waren.

2. Topographische Geländeaufnahme des Canal d'Entreroches

Ca. 30 km nördlich von Lausanne liegt der Höhenzug Le Mormont. Dieser stellt die Wasserscheide zwischen dem Mittelmeer und der Nordsee dar. Durchquert wird der Höhenzug in der Nähe von La Sarraz durch ein schmales Tal, das beidseitig durch steilabfallende Felswände begrenzt wird. Die höchste Stelle des Tals liegt bei 450 m ü. NN. Somit ergab sich schon in früherer Zeit hier die Möglichkeit, die Wasserscheide mit einem Kanal zu überqueren und somit eine Wasserstraße zu schaffen, die die Nordsee und das Mittelmeer verbinden konnte.

Von dem Tal d'Entreroches liegen zahlreiche topographische Karten in großen Maßstäben vor. Da sie durchweg durch photogrammetrische Auswertungen entstanden sind, konnten Details, insbesondere des historischen Kanals, nur sehr begrenzt dargestellt werden.

Zur Rekonstruktion des historischen Querprofils und zur übersichtlichen Gestaltung der bautechnischen Gegebenheiten war es daher notwendig, eine detaillierte topographische Geländeaufnahme des Canal d'Entreroches durchzuführen.

Die topographische Geländeaufnahme wurde in der Zeit vom 6.10.1985 bis zum 19.10.1985 im Rahmen der Diplomarbeiten von Frank BOBERG, Werner KUHLMANN und Dirk MLODZIAN realisiert.

Als geodätische Anschlußpunkte dienten 3 trigonometrische Punkte des schweizerischen Festpunktfeldes, die allerdings schwer zugänglich und ohne gegenseitige Sichtverbindung waren.

»science de la mensuration et de la représentation de la surface terrestre«[1].

Selon cette définition, nous pouvons délimiter le domaine d'activité de l'ingénieur-géomètre actuel. Il doit pouvoir déterminer la position de certains points du terrain, par rapport à l'horizontale et à la verticale. On distingue ainsi le lever en plan et le nivellement. Pour y parvenir, il faut effectuer sur le terrain des mesures de distance et d'angles (mesures goniométriques), aussi bien dans le sens horizontal que vertical. Ces deux opérations doivent être réalisées simultanément si désiré. Le résultat des travaux de mensuration et de calcul consiste en valeurs chiffrées correspondant aux coordonnées et altitudes des points levés et placés dans un système défini avec précision.

Il faut ensuite traiter ces données chiffrées pour passer à leur représentation graphique; plusieurs méthodes sont possibles, comme la représentation plane, les blocs-diagrammes ou l'image anaglyptique tridimensionnelle. L'usage du document à établir déterminera le choix de la méthode adéquate parmi les différentes possibilités qui viennent d'être évoquées. Si l'on a besoin d'une figuration géométrique exacte, il ne peut être question que d'une représentation en plan, d'une carte topographique par exemple. En revanche, si l'on veut privilégier le relief, un bloc-diagramme ou une représentation anaglyptique sera préférable. La collaboration interdisciplinaire dans des domaines voisins élargit le domaine d'activité de l'ingénieur-géomètre. Ainsi, ses mensurations précises pourront être la base pour diverses cartes, pour des thématiques particulières.

Dans ce sens, la contribution de l'ingénieur-géomètre à l'archéologie est un exemple de collaboration interdisciplinaire. L'ingénieur-géomètre dresse une carte à grande échelle (carte du site archéologique) en représentant de manière géométriquement exacte les vestiges qui se trouvent soit enfouis dans le terrain, soit visibles en surface.

C'est une démarche de ce type qui a été réalisée dans le cadre de leur travaux de diplôme par Frank BOBERG, Werner KUHLMANN et Dirk MLODZIAN; il s'agissait en premier lieu de faire un levé topographique d'une partie du site du canal d'Entreroches, puis de représenter une interprétation cartographique des données recueillies. A l'aide d'un traitement par ordinateur du levé topographique, on a envisagé tout d'abord l'établissement d'une carte du site archéologique, d'un bloc-diagramme ainsi que d'une représentation tridimensionnelle par anaglyphes.

Aus diesem Grund wurde ein freier Tachymeterzug (örtliches System) unter Einbeziehung der drei Festpunkte angelegt. Dieser konnte später bei der häuslichen Bearbeitung durch

Nous présentons et discutons ci-après les démarches théoriques et pratiques nécessaires pour l'élaboration de ces trois types de documents.

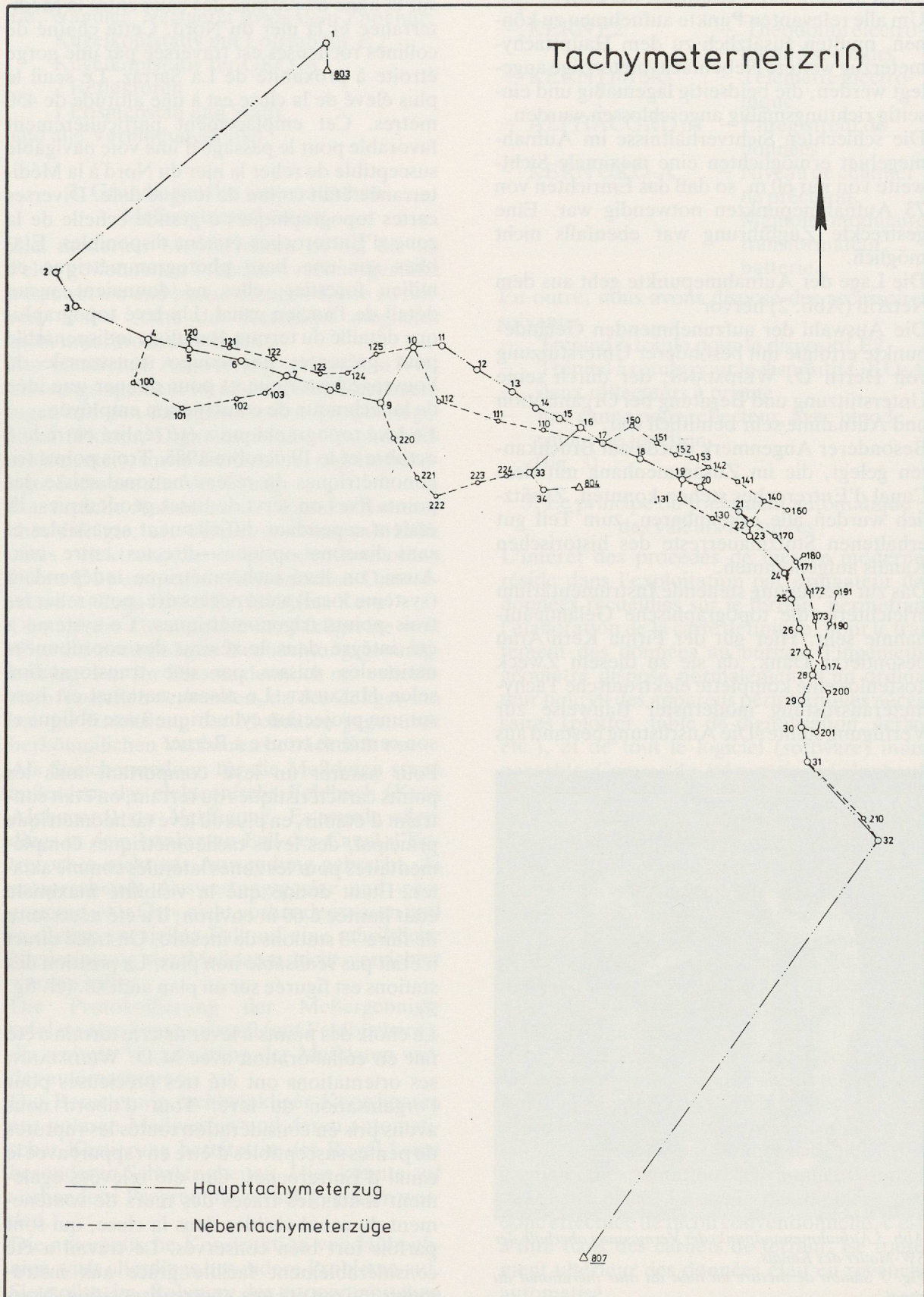


Abb. 2 Netzriß.

Fig. 2 Réseau des stations de mesure

eine Umformung (konforme Helmert Transformation) in das schweizerische Landessystem, dem eine schiefachsige konforme Zylinderabbildung zugrunde liegt und dessen Nullpunkt in Bern liegt, überführt werden.

Um alle relevanten Punkte aufnehmen zu können, mußten zusätzlich zu dem Haupttachymeterzug weitere Nebentachymeterzüge angelegt werden, die beidseitig lagemäßig und einseitig richtungsmäßig angeschlossen wurden.

Die schlechten Sichtverhältnisse im Aufnahmegebiet ermöglichten eine maximale Sichtweite von nur 60 m, so daß das Einrichten von 73 Aufnahmepunkten notwendig war. Eine gestreckte Zugführung war ebenfalls nicht möglich.

Die Lage der Aufnahmepunkte geht aus dem Netzriß (Abb. 2) hervor.

Die Auswahl der aufzunehmenden Geländepunkte erfolgte mit besonderer Unterstützung von Herrn D. WEIDMANN, der durch seine Unterstützung und Beratung bei Organisation und Aufnahme sehr behilflich war.

Besonderer Augenmerk wurde auf Bruchkanten gelegt, die im Zusammenhang mit dem Canal d'Enteroches stehen konnten. Zusätzlich wurden alle erkennbaren, zum Teil gut erhaltenen Stützmauerreste des historischen Kanals aufgenommen.

Das zur Verfügung stehende Instrumentarium erleichterte die topographische Geländeaufnahme sehr. Hier gilt der Firma Kern/Arau besonderer Dank, da sie zu diesem Zweck kostenlos eine komplette elektronische Tachymeterausrüstung modernster Bauweise zur Verfügung stellte. Die Ausrüstung bestand aus

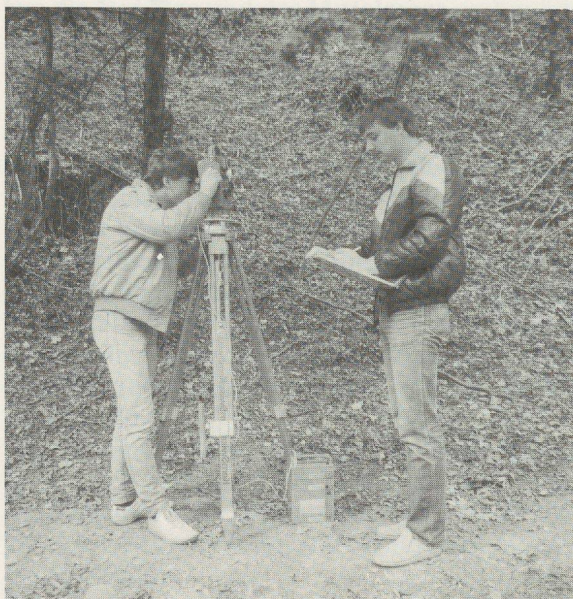


Abb. 3 Aufnahmestandpunkt der Vermessung oberhalb der SW-Mauer des Kanals.

Fig. 3 Station de mesure au haut du mur méridional du canal.

2. Le levé topographique du site d'Enteroches

Au nord de Lausanne, à une distance d'une trentaine de kilomètres, s'élève le Mormont sur la ligne de partage des eaux entre la Méditerranée et la mer du Nord. Cette chaîne de collines rocheuses est traversée par une gorge étroite à proximité de La Sarraz. Le seuil le plus élevé de la cluse est à une altitude de 450 mètres. Cet emplacement particulièrement favorable pour le passage d'une voie navigable susceptible de relier la mer du Nord à la Méditerranée était connu de longue date. Diverses cartes topographiques à grande échelle de la zone d'Enteroches étaient disponibles. Établies sur une base photogrammétrique en milieu forestier, elles ne donnaient aucun détail de l'ancien canal. Un levé topographique détaillé du terrain était donc indispensable pour présenter une coupe transversale de l'ouvrage historique et pour donner une idée de la technique de construction employée.

Le levé topographique a été réalisé entre le 6 octobre et le 19 octobre 1985. Trois points trigonométriques du réseau national suisse des points fixes on servi de bases géodésiques; ils étaient cependant difficilement accessibles et sans liaisons optiques directes entre eux. Aussi, un levé tachéométrique indépendant (système local) a été nécessaire, pour relier les trois points trigonométriques. Ce système a été intégré dans le réseau des coordonnées nationales suisses par une transformation selon HELMERT. Le réseau national est basé sur une projection cylindrique à axe oblique et son centre se trouve à Berne.

Pour assurer un levé comportant tous les points caractéristiques du terrain, on était contraint d'établir, en plus du levé tachéométrique principal, des levés tachéométriques complémentaires pour les zones latérales comme axiales. Étant donné que la visibilité maximale était limitée à 60 m environ, il a été nécessaire de faire 73 stations de mesure. Un tracé direct n'était pas réalisable non plus. La position des stations est figurée sur un plan annexé. (cf. fig. 2).

Le choix des points à lever dans le terrain a été fait en collaboration avec M.D. WEIDMANN; ses orientations ont été très précieuses pour l'organisation du levé. Tout d'abord nous avons pris en considération toutes les ruptures de pentes susceptibles d'être en rapport avec le canal d'Enteroches. Ont été relevées également toutes les traces des murs de soutènement du canal visibles dans la cluse, qui sont parfois fort bien conservés. Le travail a été considérablement facilité grâce aux instruments qui ont été mis à notre disposition. Nous

den folgenden Geräten: Kern E 2, Elektronischer Sekundentheodolit; Kern DM 503, Elektronischer Entfernungsmesser; Alphacord 64, Elektronischer Datenspeicher; Kern GKO-A, Baunivellier; Modulares Speichergerät Batterie; Wandler, Netzgerät sowie dem Zubehör:

- Kugelkopfstativ mit Lotstab für E 2
- Kugelkopfstativ für GKO-A
- 2 Reflektoren
- 1 Prismenstab und Stativ
- und alle Verbindungskabel.

3. Grundlagen der automatischen Meßwertverarbeitung

Ziel moderner Meßverfahren ist es, die im Felde gewonnenen Meßdaten rechnergestützt auszuwerten und bis zur fertigen Karte zu führen. Dabei sollte der Datenfluß möglichst nicht unterbrochen werden.

Zur häuslichen Auswertung stehen dem Vermessungsingenieur im allgemeinen Rechenanlagen mit den dazugehörigen Peripheriegeräten (Plotter, Digitalisieretisch, Graphikbildschirm, etc.), sowie die für diese Geräte benötigte Software zur Verfügung.

Die örtliche Aufnahme des Canal d'Entreroches erfolgte, wie bereits erwähnt, mit Hilfe eines elektronischen Sekundentheodoliten (Kern E 2) und eines elektronischen Distanzmessers (Kern DM 503) der Firma Kern.

Obwohl die Genauigkeit der Meßgeräte weit über der notwendigen Beobachtungsgenauigkeit lag, war ihr Einsatz dennoch mit erheblichen Vorteilen verbunden, da der Zeitgewinn bei der Ermittlung der Meßdaten gegenüber herkömmlichen Verfahren beträchtlich war.

Als Speichermedium für die Meßdaten stand außerdem das elektronische Feldbuch (Kern Alphacord) zur Verfügung. Es wurde allerdings in dem konkreten Fall des Canal d'Entreroches nicht zur Anwendung gebracht, da entsprechende Auswertungsgeräte und -programme »vor Ort« nicht vorhanden waren und in diesem speziellen Fall auf eine schriftliche Niederlegung der Meßdaten nicht verzichtet werden sollte.

Die Protokollierung der Meßergebnisse erfolgte also konventionell (auf Feldbüchern), die weitere Verarbeitung der Meßdaten wieder automatisiert.

Die Berechnung rechtwinkliger Koordinaten aus polaren Meßwerten und deren automatischer Kartierung bereitet in der Regel keine besonderen Schwierigkeiten. Hier konnte auf vorhandene Programme zurück gegriffen werden.

Die automatische Konstruktion von Höhenlinien wirft allerdings besondere Probleme auf. Sie sollte im Rahmen der topographischen

sommes particulièrement reconnaissants à la maison KERN/AARAU qui nous a fait bénéficier gracieusement de l'équipement électronique de tachéométrie le plus moderne. Il se composait des instruments suivants:

- KERNE2 – Théodolite électronique à secondes
- KERN DM 503 – Télémètre électronique
- ALPHACORD 64 – Enregistreur de données
- KERN GKO-A – Niveau de chantier de précision
Mémoire modulaire transformateur, batterie.

En outre, nous avons disposé des accessoires suivants:

- Trépied à rotule pour le dispositif E2
- Trépied à rotule pour le dispositif GKO-A
- deux réflecteurs à prisme
- une canne pour réflecteur, avec bipode, câbles de jonction.
(fig. 3)

3. Le principe du traitement automatique des valeurs mesurées

L'intérêt des procédés de mesure modernes réside dans l'exploitation par ordinateur des données recueillies sur le terrain, permettant l'élaboration de la carte définitive. Pour le traitement des données au bureau, l'ingénieur-géomètre dispose normalement d'un ordinateur pourvu des appareils périphériques nécessaires (plotter, table de digitalisation, écran, etc.), et de tout le logiciel (software) indispensable. Comme il a été mentionné plus haut, le levé du terrain a été réalisé au moyen d'un théodolite électronique à secondes (Kern E2) et d'un télémètre électronique (Kern DM 503) mis à notre disposition par la maison Kern.

La précision des appareils de mensuration dépassait de loin la précision d'observation requise pour notre plan; leur emploi s'est cependant avéré très avantageux par rapport aux instruments traditionnels, car il nous ont permis un gain de temps considérable lors de la saisie des données.

Bien qu'un »carnet de mesure électronique« fût mis à notre disposition sur le terrain sous forme d'un appareil »Kern-Alphacord«, nous n'avons pu nous en servir dans ce cas précis, du fait qu'il n'y avait pas de dispositif ni de programme d'exploitation des données enregistrées sur place. La saisie des données s'est donc effectuée de façon conventionnelle, c'est-à-dire dans des carnets de terrain. Le traitement ultérieur des données était en revanche automatisé.

Geländeaufnahme im Tal d'Entreroches gezielt untersucht werden.

3.1 Programmentwicklung

Zur automatischen Höhenlinieninterpolation werden zwei Vorgaben benötigt:

1. die dreidimensionalen Koordinaten der Geländepunkte (digitales Geländemodell),
2. ein Gerüst, das diese Geländepunkte durch die Interpolationslinien verbindet.

Dreidimensionale Koordinaten bestimmen einen Punkt bezüglich der Lage in einem Koordinatensystem und bezüglich der Höhe über eine Bezugsfläche.

Dabei ist darauf zu achten, daß die Lagekoordinaten in einem rechtwinkligen Koordinatensystem vorliegen müssen.

Das Gerüst ist neben der Meßgenauigkeit der wichtigste Indikator für die Genauigkeit der interpolierten Höhenlinienpunkte. Überlegungen zur Form des Gerüsts führen fast zwangsläufig zu einem Dreiecksmaschennetz. Dreiecke geben im engsten Bereich die Geländeform optimal wieder. Aus diesem Grunde wurde in dieser Untersuchung dieser Lösungsansatz verfolgt.

Für die Dreiecksvermaschung der Geländepunkte zur Höhenlinieninterpolation sind folgende Aspekte zu beachten, um Ungenauigkeiten der Messung und des Gerüsts zu minimieren:

1. Die Dreiecksseiten sollten die Höhenlinien möglichst rechtwinklig schneiden, um schleifende Schnitte bei der Berechnung zu vermeiden, die bei Messungsgenauigkeiten große Punktlagefehler zur Folge haben können.
2. Gleichseitige Dreiecke eignen sich besonders für die Vermaschung. Schmale Dreiecke sind zu vermeiden.
3. Große Unterschiede in den Größen und Formen benachbarter Dreiecke verschlechtern das Ergebnis.

Diese Anforderungen an das Dreiecksmaschennetz sind in ihrer Gesamtheit und im Einzelnen natürlich nicht zu erfüllen. Deshalb muß schon bei der Bestimmung der Koordinaten auf die anschließende Dreiecksvermaschung Rücksicht genommen werden.

Ergebnis des im Rahmen dieser Untersuchung zu entwickelnden Programms soll ein Höhenlinienplan sein, der die berechneten Höhenlinienstützpunkte durch ein Polygon verbindet. Das Hauptproblem des Programms liegt hierbei in dem Auffinden und Zeichnen aller in dem Gebiet vorhandenen Höhenlinien, ohne daß einzelne Höhenlinien mehrfach oder gar nicht gezeichnet werden, sowie in dem Verfolgen einer bestimmten Höhenlinie durch die verschiedenen Dreiecke.

Dans l'ensemble, nous n'avons guère rencontré de difficultés notables, ni pour le calcul des coordonnées rectangulaires à partir de valeurs polaires des points, ni pour leur dessin automatisé sur plans. Dans les deux cas, nous avons pu recourir à des programmes préexistants. La construction automatisée des isohypses s'est avérée plus problématique. Pour cette raison, ce type de construction a été l'objet d'une recherche originale dans le cadre du levé topographique du site d'Entreroches.

3.1. Elaboration des programmes

Deux données préalables sont nécessaires pour effectuer une extrapolation automatique des courbes de niveau:

1. Les coordonnées tridimensionnelles des points du terrain (modèle digital du terrain).
2. Un canevas permettant l'extrapolation des courbes entre les points du terrain.

Les coordonnées tridimensionnelles déterminent un point donné dans sa position par rapport à un système de coordonnées et dans son altitude par rapport à un plan de référence. Il est indispensable d'établir les coordonnées de position dans un système de coordonnées rectangulaires. Avec la précision de la mesure, le canevas est l'indicateur le plus important de l'exactitude des points d'isohypses extrapolés. La recherche de la forme du canevas la plus appropriée conduit presque automatiquement à un réseau triangulaire. Les triangles permettent une représentation optimale de la surface du terrain, même si l'espace est très limité. C'est pourquoi nous avons choisi cette méthode dans le cadre du présent travail. En établissant le système triangulaire entre les points du terrain pour le traçage des isohypses, il faut tenir compte des facteurs suivants, afin de réduire au minimum les imprécisions de mesure et du canevas:

1. Dans la mesure du possible, les côtés des triangles doivent couper les isohypses à angle droit; ceci permet d'éviter des recouvrements obliques à petit angle lors du calcul, dont résulteraient d'importantes erreurs de localisation, si des imprécisions de mesure existent.
2. Pour la triangulation, les triangles équilatéraux sont particulièrement appropriés. Des triangles étroits sont à éviter.
3. Les résultats risquent d'être moins concluants, si les triangles avoisinants diffèrent trop dans leur forme et leur taille.

Dans la pratique, il est cependant difficile de respecter toutes ces conditions lors de l'établis-

Das entwickelte Programm sollte benutzerführend (im Dialog) und blockförmig aufgebaut sein. Außerdem sollte es frei in der Wahl des Maßstabes und der Äquidistanz, sowie gegen grobe Eingabefehler geschützt sein.

Zur variablen Gestaltung der graphischen Ausgabe war darauf zu achten, daß die Ausgabedatei an andere weiterführende Programme angepaßt ist.

Gleichzeitig sollte die graphische Ausgabe mehrere Möglichkeiten umfassen:

1. Automatische Kartierung der aufgenommenen Punkte (mit wahlweiser Beschriftung),
2. Darstellung der Dreiecksmaschen (zu Kontrollzwecken),
3. Höhenlinien als gradlinige Verbindung der Höhenlinienstützpunkte (Polygon).

Für die Lösung dieser Probleme ist eine Vielzahl von Einzelschritten erforderlich.

In der hier entwickelten Konzeption wird jedes Dreieck durch seine Eckpunktnummern beschrieben, die im Uhrzeigersinn in eine Datei eingegeben werden.

Für jedes Dreieck wird eine Kennzahl eingeführt, die verschlüsselt die Anzahl und die Position der Höhenlinien im Dreieck enthält. Nach Abarbeiten einer bestimmten Höhenlinie wird die Kennzahl des jeweiligen Dreiecks um den der Höhenlinie entsprechenden Wert reduziert.

3.2 Beschreibung der Einzelschritte

Zunächst werden die Eingabedateien (Koordinaten- und Vermaschungsdatei) eingelesen, auf grobe Eingabefehler untersucht und abgespeichert. Die im anschließenden Eingabedialog abgefragten Parameter steuern die Unterprogrammaufrufe.

Die vorliegende Dreiecksdatei ist aus Gründen der schnelleren Bearbeitung einem einheitlichen Ordnungssystem zu unterwerfen. Dabei werden die Dreieckspunkte zyklisch (d.h. ohne Veränderung des Drehsinns) vertauscht, bis die beiden ersten Punktnummern die Seite mit dem größten Höhenunterschied darstellen. Durch diese Seite verlaufen dann sämtliche Höhenlinien des Dreiecks. Der zweite Schritt bestimmt zu jedem Dreieck die dazugehörenden Nachbardreiecke.

Die Kennzahl, die die Anzahl und Position der Höhenlinien im Dreieck beinhaltet, wird durch Potenzen zur Basis 2 ausgedrückt.

sement du réseau triangulaire; dès lors, il sera judicieux de tenir compte du futur réseau triangulaire lorsqu'on détermine le choix des points. Notre objectif est donc d'obtenir un plan en courbes de niveau, dont les points de base sont reliés par un polygone. Le problème crucial de ce programme réside dans la recherche et le traçage de toutes les courbes de niveau possibles du terrain, tout en veillant à ce que chaque isohypse soit bien tracée et une fois seulement. De plus, une isohypse déterminée devra passer par tous les triangles correspondants. Le programme à développer doit être interactif (en dialogue) et structuré en blocs. En outre, il devrait permettre un choix libre de l'échelle et des équidistances. Il doit éviter l'introduction d'erreurs grossières. Pour bénéficier de plusieurs types de représentations graphiques, il est nécessaire que le fichier résultant soit adapté au programme du traitement ultérieur. Les possibilités suivantes sont souhaitables:

1. Cartographie automatique des points levés (avec inscription facultative du point).
2. Représentation des mailles triangulaires (pour contrôle).
3. Isohypses sous forme de lignes brisées entre les points jalonnant les courbes (polygone).

Un programme à nombreux pas est nécessaire pour résoudre ces problèmes. Dans notre démarche, chaque triangle est déterminé par ses trois sommets, dont les numéros sont mis en mémoire dans le sens des aiguilles d'une montre. Chaque triangle est pourvu d'un numéro distinctif qui contient de manière codifiée le nombre et la position des isohypses qu'il renferme. Après traitement d'une isohypse donnée, on déduit du numéro d'identification du triangle concerné la valeur correspondant à l'isohypse.

3.2. Description des pas du programme

Tout d'abord sont entrées les données concernant les coordonnées et la triangulation, avec détection des erreurs d'entrée importantes, et finalement vient la mise en mémoire.

Les paramètres du programme interactif régissent l'appel aux sous-programmes. Pour des raisons d'efficacité du traitement, le fichier des données disponibles du réseau triangulé doit être stocké de façon uniforme. Les points d'intersection des triangles sont permutés de façon cyclique (c'est-à-dire sans inverser le sens de la rotation) jusqu'à ce que les deux premiers chiffres indiquent le côté comportant la différence d'altitude la plus élevée; toutes les isohypses du triangle recoupent le côté en question.

Beispiel

Höhenlinie (komplett)	Kennzahl	Höhenlinie (4. Höhenlinie fehlt)	Kennzahl
1.	1	1.	1
2.	2	2.	2
3.	4	3.	4
4.	8	4.	fehlt
5.	16	5.	16
6.	32	6.	32
7.	64	7.	64
Summe	127	Summe	119

Mit der Bestimmung der Kennzahl ist die Ver-
maschungsdatei so modifiziert, daß die graphi-
sche und rechnerische Bearbeitung relativ ein-
fach ist.

Das Arbeiten mit dem Programm sollte auch
dem ungeübten Benutzer nicht schwer wer-
den, da alle Eingabefehler, sowie Fehler in den
Eingabedateien vom Programm erkannt und
durch Fehlermeldungen dem Anwender ange-
zeigt werden.

3.3 Ergebnis

Das Programm zur rechnergestützten Höhen-
linieninterpolation vereinfacht und beschleunigt
das Auswerten von topographischen
Geländeaufnahmen beträchtlich.

Es bietet zusätzlich zum Höhenlinienentwurf
die Möglichkeit der automatischen Punktkar-
tierung mit wahlweiser Beschriftung. Die
Beschriftung setzt sich aus der Punktnummer
und der Höhenkote zusammen. Diese Kartie-
rung kann als Grundlage für andere Arbeiten
dienen.

Die Dreiecksvermaschung muß von Hand
erfolgen und ist deshalb fehleranfällig und zeit-
aufwendig. In unserem Fall mußten etwa 1200
Dreiecke vermascht und in den Computer ein-
gegeben werden. Deshalb ist bei den graphi-
schen Ausgabemöglichkeiten die Darstellung
der Dreiecke vorgesehen, die das Fehlersu-
chen (z.B. Lücken in den Dreiecksmaschen)
erleichtert.

Das Programm zeichnet alle, das Gebiet
begrenzenden Dreiecksseiten. Der hierbei
auftretende Nebeneffekt, das automatische
Darstellen von nicht vermaschten Wegen, ist
dabei zu begrüßen.

Wenn alle Fehler in den Dateien beseitigt sind,
verläuft die Berechnung der Höhenlinien ohne
Mitwirkung des Anwenders. Die vom Pro-
gramm erstellte Graphikdatei läßt sich dann
auf dem Graphikterminal begutachten und auf
einem Plotter zeichnen.

Die Höhenlinien werden als gradlinige Ver-
bindungen der Höhenlinienstützpunkte darge-

La deuxième étape détermine les triangles
avoisinant ces triangles initiaux. Le chiffre
distinctif comportant le nombre et la position
des isohypses de chaque triangle est repré-
senté en puissances de la base 2.

Exemple:

Isohypse	Chiffre distinctif (liste complète)	Isohypse	Chiffre distinctif (Isohypse 4 manque)
1.	1	1.	1
2.	2	2.	2
3.	4	3.	4
4.	8	4.	manque
5.	16	5.	16
6.	32	6.	32
7.	64	7.	64
Total:	127	Total:	119

La détermination des numéros d'identification
modifie le fichier des données du réseau
maillé (triangulé) de telle sorte que les recher-
ches graphiques et numériques deviennent
relativement simples.

Comme toutes les erreurs d'entrée ou du
fichier de lecture sont détectées et annotées
par l'ordinateur, l'emploi de ce programme ne
devrait guère poser de problèmes, même si son
utilisateur manque d'expérience.

3.3 Résultats

Le programme d'extrapolation automatisée
des isohypses permet de simplifier et d'accélé-
rer considérablement l'exploitation des levés
topographiques du terrain.

En plus de l'ébauche des courbes de niveau, ce
programme permet une cartographie automa-
tique des points levés, avec inscription facul-
tative; celle-ci se compose du chiffre distinctif
du point levé et de sa cote d'altitude. Cette car-
tographie peut servir de base pour des travaux
ultérieurs. L'établissement du réseau maillé
des triangles doit se faire à la main; cette
démarche est donc très susceptible d'erreurs et
astreignante. Pour notre étude, il nous fallait
mailler 1200 triangles et entrer les valeurs
respectives dans l'ordinateur. On a donc
prévu, parmi les différentes sorties graphi-
ques, une représentation des triangles qui faci-
lite grandement le dépistage des erreurs (par
exemple des lacunes dans le réseau triangu-
laire).

Le programme représente en outre tous les
côtés des triangles délimitant le terrain à lever.
Notons un effet secondaire intéressant, à
savoir la représentation automatique des che-
mins non-maillés.

stellt. Ein weiterführendes Programm, das die Höhenlinienausrundung auf der Grundlage von Höhenlinienstützpunkten ermöglicht ist im Labor für Kartographie des Fachbereiches Vermessungswesen der Universität GH Essen bereits früher entwickelt worden. Es ist somit möglich, eine geschlossene Entwurfsdarstellung von Höhenlinien zu realisieren.

Für unsere Untersuchungen konnte der vom Plotter erzeugte Höhenlinienplan als gute Arbeitsgrundlage dienen. Durch Ausdrücke in verschiedenen Maßstäben beziehungsweise Blattformaten und Äquidistanzen waren Entscheidungen bezüglich der Anschaulichkeit, Übersichtlichkeit und Darstellungsmöglichkeit der Karten schnell und einfach zu treffen. Die optimale Konfiguration ist somit ohne großen Arbeitsaufwand zu finden.

4. Konzeption zur graphischen Gestaltung von archäologischen Fundortkarten

Archäologische Fundortkarten sind in die Gruppe der thematischen Karten einzuordnen. Sie sollen durch eine besondere Farbgebung sowie durch besondere Signaturen Aufschlüsse über historische Bauwerke oder Geländeformen geben.

Mit dieser Zielsetzung wurde auch die topographische Geländeaufnahme des Canal d'Entre-roches und die anschließende kartographische Auswertung der Meßergebnisse durchgeführt. Durch die Dokumentation der gut erhaltenen Stützmauerreste sowie der im Gelände vorhandenen Spuren des historischen Querprofils, soll die Grundlage geschaffen werden, die ursprüngliche Geländesituation zu rekonstruieren.

Gleichzeitig soll aber auch der jetzige Zustand des Geländes dargestellt werden, um den nachfolgenden Generationen Erkenntnisse aus der heutigen Zeit zu erhalten.

Bei der Planung und dem Entwurf einer archäologischen Fundortkarte sind zahlreiche Überlegungen zu berücksichtigen. Sie betreffen im Wesentlichen Fragen des Kartenentwurfs, der Originalherstellung und der anschließenden Vervielfältigung. Unter Berücksichtigung technischer Rahmenbedingungen sind insbesondere für folgende Punkte Festlegungen zu treffen:

- Maßstab und Format
- Abbildung
- Kartenfeld, Randgestaltung
- Karteninhalt (Signaturen und Farbgebung).

Die rechnergestützte Entwicklung der archäologischen Fundortkarte beinhaltet einige Vorteile und erleichterte vielfach die notwendigen Entscheidungen. So wurden z.B. zur Auswahl

Lorsque toutes les erreurs sont éliminées des fichiers, le programme de calcul se déroule sans que l'utilisateur intervienne. Il reste à examiner sur le terminal graphique le fichier graphique établi par le programme et à le faire dessiner par un plotter.

Les courbes de niveau sont représentées par des segments de droites entre les points jalonnant les isohypses. Un autre programme a été développé par le laboratoire de cartographie de l'Institut de Géodésie de l'Université GH Essen qui permet le lissage des courbes hypsométriques à partir de points donnant l'ossature des courbes de niveau. Grâce à ce programme, il est donc possible de représenter des isohypses ébauchées.

La carte d'isohypses produite alors par le plotter constituait une étape très importante dans notre démarche. Les décisions concernant la clarté, la mise en page et les possibilités de représentation des cartes sont dès lors aisées à prendre, du fait que les tracés graphiques peuvent être modifiés aussi bien quant à leur échelle (respectivement le format des feuilles) qu'à leur équidistance. Il est donc possible de trouver aisément une représentation cartographique optimale.

4. L'agencement graphique d'une carte de site archéologique

Les cartes de sites archéologiques sont des cartes thématiques. Leur but est de représenter des structures historiques ou la morphologie d'un terrain, mis en valeur par des teintes ou des symboles graphiques spécifiques.

Tel était le but du relevé topographique du site du canal d'Entre-roches et de l'exploitation cartographique des valeurs mesurées. La documentation des vestiges bien conservés des murs et des talus permet de proposer une reconstitution de l'ancien profil du terrain. Simultanément, la représentation de l'état actuel des vestiges est un document d'archives transmissible.

La réalisation de la carte du site soulève de nombreux problèmes. Il faut concevoir l'ébauche de la carte, la construction de l'original ainsi que sa reproduction. Les facteurs techniques suivants doivent être déterminés:

- échelle et format;
- dessin;
- mise en page, cadrage;
- objets représentés (symboles graphiques et couleurs).

Le recours à l'ordinateur présente de nombreux avantages et facilite parfois les prises de décisions. Pour déterminer l'échelle et l'équi-

des Kartenmaßstabes und der Äquidistanz mehrere Zeichnungen mit verschiedenen Parametern erzeugt, die als Anschauungsmaterial dienen. Anhand dieser Zeichnungen konnten beide Größen und auch das Kartenformat gut auf die gegebene Geländesituation und die verfügbaren reproduktionstechnischen Möglichkeiten abgestimmt werden. Da das Hauptaugenmerk auf einer möglichst detaillierten Darstellung lag, wurde der Maßstab 1:1000 und die Äquidistanz 2 m ausgewählt. Kartenfeld und -rand wurden so gestaltet, daß sie für beide Karten (siehe Beilage 1 und 2) gleichermaßen zu verwenden waren. Die Aussagekraft thematischer Karten wird maßgeblich durch die entsprechende Farbgebung unterstützt. Der wichtigste Gesichtspunkt hierbei ist die harmonische Abstimmung der Farben. Durch das Aufrastern der 4 Grundtöne schwarz, grün, rot und braun wurden in diesem Fall zusätzlich 10 Farbstufen erzeugt.

Die Schrift übernimmt in jeder Karte eine erläuternde Funktion. Durch die Auswahl der Schriftarten (Helvetica normal, Venus kursiv mager und Baskerville normal) und der Schriftgrößen (2 mm–7 mm) wurde versucht, der Bedeutsamkeit der einzelnen Objekte gerecht zu werden und insgesamt ein harmonisches Kartenbild zu gestalten.

5. Möglichkeiten zur anschaulichen Darstellung archäologischer Fundstätten

Die auf planerische und technische Nutzung ausgelegten Grundrißdarstellungen mit Höhenlinien weisen eine hohe geometrische Genauigkeit auf. Aus diesen Plänen und Karten eine räumliche Vorstellung abzuleiten bereitet vielen Menschen Schwierigkeiten. Durch perspektivische Darstellungen können gute räumliche Anschauungen geschaffen werden.

Die Frontalperspektive ist eine Darstellung der schiefen Axonometrie, für die folgende Festlegungen gelten:

1. Die Bildebene ist die Aufrißebene.
2. Die Projektionsstrahlen haben gegen die Bildebene eine beliebige Neigung.

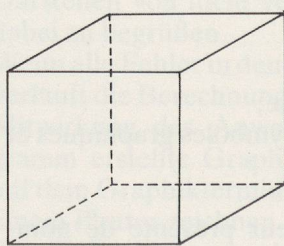


Abb. 4 Fig. 4

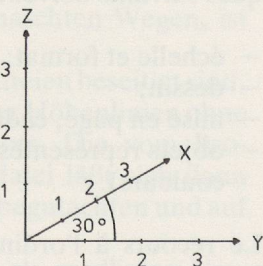


Abb. 5 Fig. 5

distance des courbes de niveau, nous avons pu comparer plusieurs ébauches d'illustrations à échelles variables. Ce choix a permis d'adapter au mieux le format de la carte aux moyens de reproductions disponibles. Une représentation détaillée du terrain étant souhaitable, nous avons choisi une échelle de 1:1000 et une équidistance de 2 mètres. Une orientation et un cadrage analogues ont été possibles pour le montage des deux cartes (voir annexes 1 et 2).

Un accord harmonieux entre les différentes couleurs contribue à la qualité de la représentation thématique. En tramant les quatre teintes de base, noir, vert, rouge et brun nous avons pu composer dix nuances différentes.

Le choix des caractères typographiques tient compte de l'importance relative des divers objets représentés. On a sélectionné à cet effet des caractères de dimensions variables (2 à 7 mm) et harmonisés (Helvetica normal, Venus cursiv mager et Baskerville normal).

5. Possibilités d'une représentation plastique du site archéologique

Une représentation en projection sur un plan horizontal, avec courbes de niveau, est d'une grande précision géométrique. De tels plans sont en général établis à des fins techniques, pour des projets de constructions ou d'aménagements. Mais une grande partie du public éprouve une réelle difficulté à en interpréter la notion du relief. Une représentation en perspective évoque par contre des sensations tridimensionnelles plus satisfaisantes.

La perspective frontale est une représentation apparentée à l'axonométrie oblique, dont les caractéristiques sont les suivantes:

1. Le plan de l'image est le plan du dessin.
2. Les axes de projection présentent un angle d'inclinaison quelconque par rapport au plan de l'image.

Des figures planes (à deux dimensions), parallèles au plan de l'image xy, apparaissent dans leurs dimensions réelles. La réduction des lignes situées dans le plan vertical de la projection est déterminée par l'angle entre les axes x et y et se calcule de la manière suivante:

$$V = 1 - W / 90$$

V représente le facteur de réduction et W l'angle entre les axes x et y (fig. 4).

Pour des raisons de mise en page, nous étions contraints de modifier la représentation lors de la construction des blocs-diagrammes du canal d'Enteroches. L'axe réduit x ne se trouve plus entre les axes x et y, mais entre les axes z et x. Ce procédé a l'avantage de représenter un

Ebene Figuren, die parallel zur XY-Bildebene liegen, erscheinen in wahrer Größe. Die Verkürzung der in der Aufrißebene liegenden Strecken, wird durch den Winkel zwischen der Y- und der X-Achse angegeben und läßt sich wie folgt berechnen:

$$V = 1 - W/90$$

Hierbei ist V der Verkürzungsfaktor und W der Winkel zwischen der Y- und der X-Achse (siehe Abb. 4)

Aus formatbedingten Gründen mußte bei der Herstellung der Blockbilder des Canal d'Enteroches eine Modifizierung der Abbildung erfolgen. Die Verkürzung der X-Achse wurde nun nicht mehr zwischen der Y- und der X-Achse sondern zwischen der Z- und der X-Achse gebildet. Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß die Abbildung bei kleinen Verdrehungswinkeln lang gestreckt und wenig verzerrt dargestellt werden kann.

Da die östliche Seite der Kanalbefestigung besser und vollständiger erhalten war als die westliche, fiel die Wahl des Verschwenkungswinkels der X-Achse auf -20° .

Da das Hauptaugenmerk auf einer detaillierten Darstellung lag, wurde der Maßstab 1:1000 ausgewählt. Hieraus läßt sich für die verkürzte X-Achse ein Maßstab von 1:1285,7 berechnen. Die Darstellung des Kanals erfolgte in drei Blöcken, die in sich eine leichte Verschwenkung aufweisen. Als Darstellungsart wurde das Blockbild gewählt (siehe Abb. 7, 8 und 9), welches sich für schematische Zeichnungen der Erdoberfläche hervorragend eignet.

Die der rechnerischen Abbildung zugrunde liegenden Formeln lassen sich aus der Abb. 6 ableiten.

Berechnungsformeln:

$$V = 1 - W/90$$

$$DZ = Z' - N$$

$$Y = Y' + \sin W X' V$$

$$X = \cos W X' V + \ddot{U} DZ$$

wobei die benutzten Variablen folgende Bedeutung haben:

X = Bildkoordinate N = Niveauhöhe

Y = Bildkoordinate V = Verkürzungsfaktor

X' = Ausgangskoordinate W = Winkel zwischen Z- und X-Achse

Y' = Ausgangskoordinate \ddot{U} = Überhöhungsfaktor

Z' = Ausgangskoordinate.

Die erforderlichen Rechenoperationen wurden in einem FORTRAN Rechenprogramm vereinigt, wobei die Werte W, N und \ddot{U} variabel gehalten wurden.

objet de façon allongée et avec de faibles déformations, si les angles de plongement sont petits.

Etant donné que le mur de soutènement oriental du canal est mieux conservé que le mur occidental, l'angle de déviation de l'axe x a été fixé à -20° . L'échelle du plan étant le 1:1000e, il en résulte une échelle de 1:1285,7 pour l'axe x réduit. La représentation du canal a été réalisée sous forme de trois blocs qui présentent entre eux un léger décalage. Le bloc-diagramme a été choisi comme mode de représentation parce qu'il donne une image schématique très parlante du relief terrestre (voir fig. 7, 8 et 9).

Les formules qui conduisent à la représentation numérique se déduisent de la figure 6.

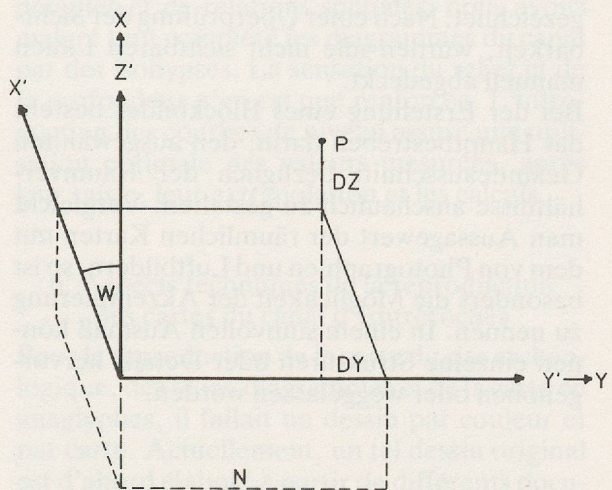


Abb. 6 Fig. 6

Formules de calcul:

$$V = 1 - W/90$$

$$DZ = Z' - N$$

$$Y = Y' + \sin W X' V$$

$$X = \cos W X' V + \ddot{U} DZ$$

les variables utilisées ont la signification suivante:

X, Y = coordonnées des points de l'image

X', Y', Z' = coordonnées originales

N = hauteur du niveau de référence

V = facteur de réduction

W = angle entre les axes Z et X

\ddot{U} = facteur de surélévation

Les calculs nécessaires ont été effectués avec un programme de calcul FORTRAN avec W, N et \ddot{U} comme variables. Les plans avec courbes de niveau au 1:1000e constituent la base des démarches ultérieures.

Comme la cluse ne pouvait être représentée en une fois, elle a été découpée en trois blocs de

Die gemeinsam erstellten Grundrißkarten mit Höhenlinien im Maßstab 1:1000 (vgl. Abschnitt 3) dienen als Arbeitsgrundlage für die nachfolgende Bearbeitung. Da nicht das gesamte Tal dargestellt werden konnte, wurden 3 Blöcke, die jeweils eine Ausdehnung von 130 x 300 m hatten, ausgewählt. Im nächsten Arbeitsschritt wurden Block für Block alle Höhen-, Wege- und Umringslinien aus der bestehenden Grundrißdarstellung digitalisiert. Die so erhaltenen ebenen Koordinaten mußten jetzt mit den oben beschriebenen Berechnungsformeln in frontelperspektivische Koordinaten umgeformt werden. Die Kartierung und das Ausrunden der Wege-, Höhen- und Umringslinien wurde von einem bereits bestehenden FORTRAN Rechenprogramm übernommen. Hierbei wurden jedoch auch die durch die Perspektive verdeckten Linien mit gezeichnet. Nach einer Überprüfung der Sichtbarkeit, wurden alle nicht sichtbaren Linien manuell abgedeckt.

Bei der Erstellung eines Blockbildes besteht das Hauptbestreben darin, den ausgewählten Geländeausschnitt bezüglich der Raumverhältnisse anschaulich zu gestalten. Vergleicht man Aussagewert der räumlichen Karten mit dem von Photographien und Luftbildern, so ist besonders die Möglichkeit der Akzentuierung zu nennen. In einem sinnvollen Ausmaß können einzelne Strukturen oder Details hervorgehoben oder weggelassen werden.

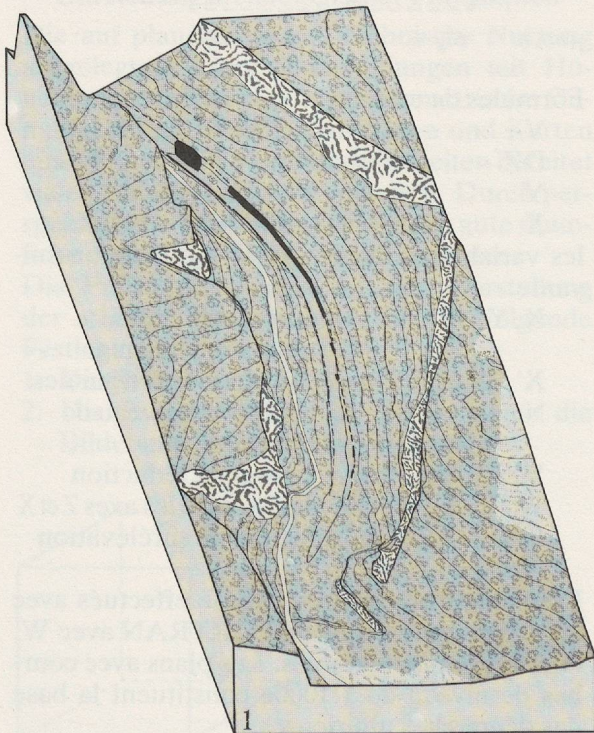


Abb. 7, 8, und 9 Die Blockbilder ergeben die Ansicht des Kanal-Grabens gegen Norden.

130 m x 300 m. La démarche suivante a consisté à numériser toutes les courbes de niveau, les tracés des chemins et les autres figures représentées en projection verticale. Chaque bloc a été traité individuellement. Les coordonnées planes ont été transformées en coordonnées de la perspective frontale selon les formules mentionnées ci-dessus. Le dessin et le lissage des tracés des chemins, des isohypses et des diverses lignes ont été réalisés grâce à un

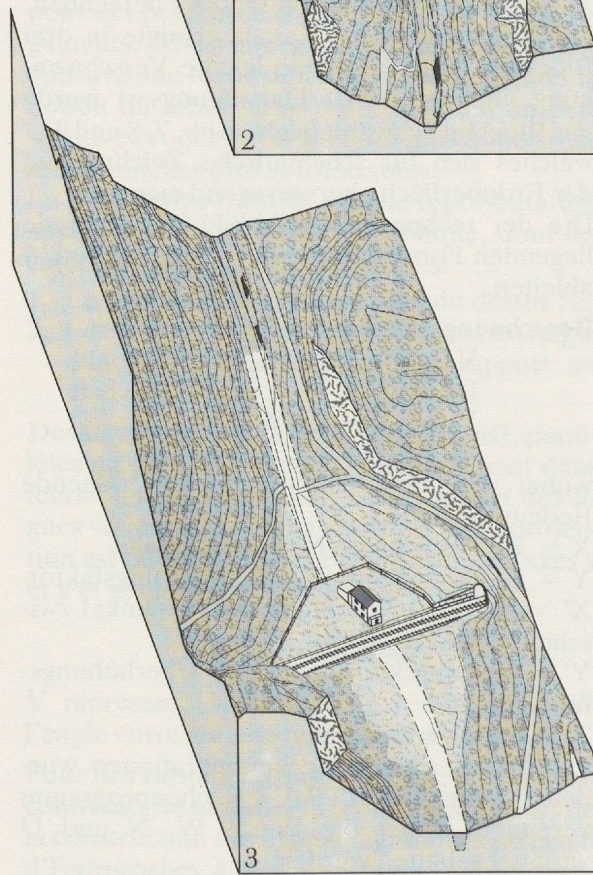
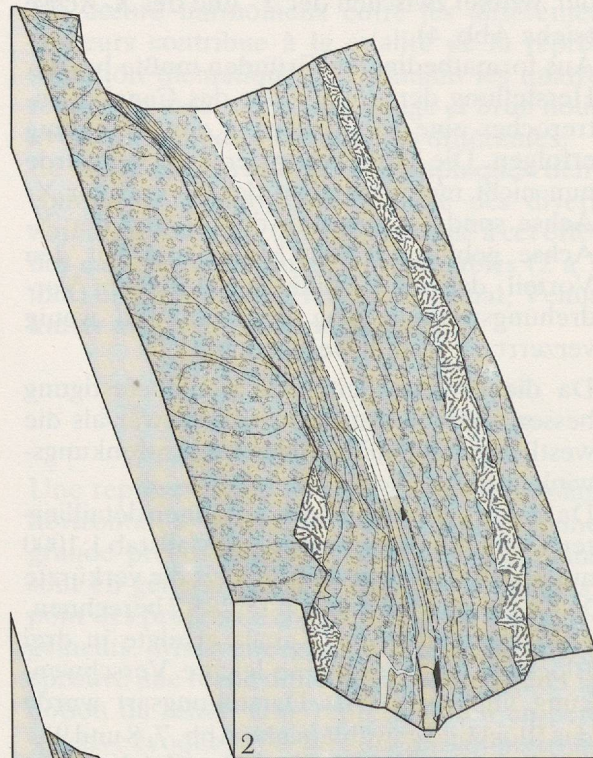


Fig. 7, 8 et 9 Blocs-diagrammes du tracé du canal dans la cluse d'Enteroches, vu du Sud.

Obwohl es bei Raumbilddarstellungen im wesentlichen um eine anschauliche Darstellung geht, die dem Betrachter ein möglichst hohes Maß an Detailinformation und Raumbezug geben soll, wurden bei der Blockbilddarstellung des Canal d'Entreeroches Höhenlinien als zusätzliches Element hinzugefügt. Durch diese Maßnahme wird der Raumeindruck sichtlich verstärkt. Die Einführung von Höhenlinien ermöglicht eine vollständige Rekonstruktion der Ausgangswerte, die durch Abgreifen, Interpolieren und Berechnen gewonnen werden können.

6. Reproduktionstechnische Aspekte zur Vervielfältigung der Karten des Canal d'Entreeroches

Zur Herstellung der archäologischen Fundortkarte, der Blockbilddarstellung und der anaglyphischen Raumbilddarstellung des Canal d'Entreeroches wurden pro Karte und pro Farbe je ein Farboriginal benötigt. Die Anfertigung dieser Farboriginale wird heute in die Herstellung zahlreicher Zwischenoriginale aufgeteilt. Diese Zwischen- oder Teiloriginale sind reproduktionsreife Zeichnungen die anhand von Entwurfs- oder Zeichenvorlagen hergestellt werden.

Die Originalherstellung der beigefügten Karten (siehe Beilage 1 und 2) erfolgte sowohl im Wege der Tuschezeichnung (z.B. Rot Situation, Felskonturen und -umrißlinien) als auch durch die Schichtgravur (z.B. Höhenlinien und Rahmen). Hierbei kam, insbesondere wegen der vereinfachten Korrekturmöglichkeit, das Negativverfahren zum Einsatz. Graviert wurde, mit einem speziellen Gravurring, in den Strichstärken 0,1–1,0 mm unter Verwendung konfektionierter Gravurschichten (Keuffel & Esser).

Bevor jedoch mit der Herstellung der einzelnen Teiloriginale begonnen wurde, war es unbedingt notwendig ein Paßblochsystem einzuführen. Es gewährleistet, daß die verschiedenen Teiloriginale paßgenau übereinander gelegt werden können.

Als ein besonderes Teiloriginal kann das Schriftoriginal bezeichnet werden. Es wurde über Photosatz mit dem Photoschriftsatzgerät Diatype der Firma Berthold KG und über anschließende Schriftmontage unter Verwendung des Klebefilms Copyproof C P Fab hergestellt.

Das hieraus resultierende Schriftpositiv, sowie alle positiven Teiloriginale wurden anschließend photographisch zum Negativ umgewandelt.

Da als Endprodukt mehrfarbige Karten entstehen sollten, mußten für die einzelnen Farb-

programme de calcul FORTRAN existant. Notons cependant que les lignes effectivement invisibles dans cette perspective étaient tracées indifféremment. Après un contrôle concernant la visibilité réelle, les lignes invisibles ont été effacées par un procédé manuel.

Le but de la représentation en blocs-diagrammes est la reproduction tautomorphe du relief. Un document tridimensionnel peut mettre en évidence certains points caractéristiques du terrain, ce qui donne une information plus riche que celle d'une photographie et d'une image aérienne. Il est possible de sélectionner certains détails ou structures pour les mettre en évidence ou au contraire pour les supprimer si cela semble souhaitable.

Une représentation tridimensionnelle donne à l'observateur une masse de renseignements détaillés et de relations spatiales; nous avons malgré tout complété les diagrammes du canal par des isohypses. La sensation du relief et de la profondeur n'en est que renforcée. L'introduction des courbes de niveau assure une utilisation optimale des valeurs mesurées, après leur saisie, leur extrapolation et les calculs.

6. Aspects techniques de la reproduction des cartes du canal d'Entreeroches

Pour la reproduction de la carte du site archéologique, des blocs-diagrammes et de la carte en anaglyphes, il fallait un dessin par couleur et par carte. Actuellement, un tel dessin original est d'abord élaboré à partir de différents documents intermédiaires. Ces documents intermédiaires ou partiels sont des dessins prêts à la reproduction qui ont été élaborés à partir d'esquisses ou de modèles.

Les originaux des cartes annexées (voir annexes 1 et 2) sont faits d'une série de dessins à l'encre de Chine (situation, profils et contours des rochers pour le rouge, par exemple) et des dessins gravés (par exemples isohypses et cadre). A cet effet, nous avons eu recours au traitement en négatif, ce qui facilite les corrections. Pour les gravures nous avons employé un »anneau« de gravure spécial, pour une épaisseur de gravure entre 0,1 et 1,0 mm, et un film à graver (Keuffel & Esser).

Il était indispensable, avant d'élaborer les originaux, de prévoir un système de repérage perforé, afin de garantir une superposition parfaite des divers dessins.

Le document comportant les inscriptions a requis un traitement particulier: il a été réalisé par photocomposition, avec un appareil »Diatype« de la maison Berthold KG. Les inscriptions ont été montées avec une bande adhésive »Copyproof C P Fab«.

stufen paßgenaue Farbdecker oder auch Stripmasken erstellt werden. Um die Paßgenauigkeit zu gewährleisten wurden die Stripmaskerfilme mit Paßlöchern versehen und anschließend, unter Verwendung einer Paßlochschiene unter den einzelnen negativen Farbvorlagen im Kontaktkopiergerät belichtet. Nach dem Belichten wird der Film mit einem speziellen Entwickler »One-Step-Developer« entwickelt. Dieser Entwickler ist ein Zwei-Phasen-Präparat, mit dem in der ersten Phase entwickelt und in der zweiten Phase geätzt wird. Bei diesem Ätzvorgang werden die belichteten Stellen der Folie, d.h. die Farbkonturen herausgeätzt. Beim anschließenden Freistellen der Farbflächen, dem Strippen, wurden die Flächenkonturen mit freigestellt. Diese Methode wurde bevorzugt, da sie Vorteile für die Paßgenauigkeit beim Siebdruck mit sich bringt.

Ziel der Originalherstellung war es, die vorgesehenen Farben nicht nur als Vollton, sondern auch in unterschiedlichen Farbabstufungen zu drucken. Zu diesem Zweck mußten die einzelnen Farbflächen unterschiedlich aufgerastert werden. Hierbei kamen Punkt-, Linien- und Strukturraster zum Einsatz.

Die verwendeten Strukturraster sollten als Signaturraster eingesetzt werden. Die Grundidee lag darin, die Nutzungsarten Wald und Wiese

1. farblich zu unterscheiden, d.h. verschiedene Grüntöne zu verwenden und
2. durch das Unterlegen farbiger Strukturen Flächensignaturen zu erzeugen.

Zur praktischen Umsetzung der Idee wurden handelsübliche Strukturraster (Mecanorma) photographisch vergrößert und zusätzlich aufgerastert. Durch diese Maßnahme konnte eine Überlastung des Kartenbildes durch die Flächensignaturen weitgehendst vermieden werden.

Sind nun alle Teiloriginale hergestellt, müssen diese paßgenau zu den einzelnen Farboriginalen zusammenkopiert werden. Im vorliegenden Fall geschah dieses durch additive Filmkopie. Hierbei werden die einzelnen negativen Teiloriginale nach und nach über ein und dem selben Film belichtet und unter Verwendung von Kopierrastern gleichzeitig aufgerastert.

Zur Herstellung der archäologischen Fundortkarten des Canal d'Enteroches wurden insgesamt 60 Teiloriginale als Vorstufe der 8 Farboriginale angefertigt.

Vor Beginn der eigentlichen Vervielfältigung wurden mit Hilfe des Cromalin-Verfahrens (du Pont) Prüfkopien der einzelnen Karten hergestellt. Sie dienen als Farbandruckersatz. Alle positiven Farboriginale finden hierbei Verwendung, so daß ein erster Gesamtein-

Tous ces originaux dessinés et montés ont été tirés en négatifs par processus photographique. Il a fallu ensuite réaliser les caches (ou strip-masks) pour chaque teinte. Afin de garantir une superposition exacte, les divers films ont été munis de perforations de calage, pour être exposés ensuite, selon les différentes couleurs, par un appareil copie-contact. Après exposition, le film a été développé par un »one-step-developer« spécial. Ce révélateur agit en deux temps, le développement d'abord, suivi d'une phase d'attaque. Les surfaces exposées du film, c'est-à-dire les futures surfaces colorées sont alors attaquées. Les surfaces à colorer ainsi que leurs contours sont ainsi libérées de leur pellicule. Cette méthode très précise est avantageuse pour l'impression par procédé sérigraphique.

Comme on souhaitait non seulement l'impression des teintes pleines, mais également des teintes nuancées, il a fallu tramer les différentes surfaces à colorer de manière appropriée, en recourant à des trames à motifs pointillés, lignés ou structurés. Les trames avec motifs jouent le rôle de signes conventionnels, permettant de distinguer les zones sylvoles des zones agricoles de la manière suivante:

1. Différenciation des zones par des tons verts de nuances différentes.
2. Différenciation par l'emploi de trames figuratives colorées.

Techniquement, on a agrandi par photographie des trames commercialisées (Mecanorma). On a pu ainsi limiter la surcharge de l'image cartographique par les divers symboles graphiques.

Les différents originaux partiels ont été ensuite assemblés avec précision et copiés ensemble afin d'obtenir les originaux des couleurs. Ce travail a été réalisé par copie successive (additive) sur pellicule. Dans ce procédé, les différents originaux partiels sont exposés successivement par contact avec la même pellicule et en utilisant simultanément des trames à copie. Pour l'élaboration de la carte du site archéologique du canal d'Enteroches, soixante originaux partiels ont été réalisés avant d'obtenir huit originaux en couleurs.

Avant de tirer systématiquement les feuilles, des copies d'essai de chaque carte ont été faites par le procédé Cromalin (du Pont), remplaçant ainsi les tirages d'essai par impression.

Avec ce procédé, tous les originaux des couleurs sont testés, permettant ainsi une appréciation du résultat final pour l'ensemble. Des défauts de superposition, des erreurs de présentation ou un choix inadéquat des nuances et des teintes peuvent être décelés et corrigés sur les originaux.

druck der Karten gewonnen werden konnte. Auftretende Passerungenauigkeiten, Darstellungsfehler oder störende, ungünstige Farbbestimmungen können aufgedeckt und anschließend in den Originalen abgeändert werden.

Nach der Korrektur der einzelnen Teil- und Farboriginale konnte mit dem eigentlichen Druckvorgang begonnen werden. Im Rahmen der anzufertigenden Diplomarbeiten war als Vervielfältigungsverfahren der Siebdruck vorgesehen. Nach diesem Verfahren wurden 70 Exemplare der einzelnen Karten des Canal d'Entreroches vierfarbig, in der Reihenfolge grün – rot – braun – schwarz gedruckt.

Die im Anhang beigefügten Karten wurden im Offsetdruck vervielfältigt.

7. Zusammenfassung

Die topographische Geländeaufnahme und die anschließende kartographische Auswertung des Canal d'Entreroches wurde im Rahmen der drei Diplomarbeiten von Frank BOBERG, Werner KUHLMANN und Dirk MLODZIAN im Labor für Kartographie des Fachbereichs 11 der Universität GH Essen durchgeführt.

Besonderer Dank gilt hierbei dem Förderkreis Vermessungstechnisches Museum e.V., der durch eine großzügige finanzielle Unterstützung die örtlichen Vermessungsarbeiten ermöglichte.

Aufbauend auf die topographische Geländeaufnahme entstanden drei verschiedene kartographische Auswertungen, die sich insgesamt sehr gut ergänzen.

Die archäologische Fundortkarte gilt als geometrisch exakte Grundrißdarstellung des Canal d'Entreroches. Die Blockbilddarstellung und die anaglyphische Raumbilddarstellung bilden hierzu eine gute Ergänzung. Dem Betrachter werden hierdurch besonders eindrucksvoll ergänzende Informationen über die vorhandene Geländesituation vermittelt.

Die rechnergestützte Herstellung der Anhaltisdarstellungen, die die Grundlage für die späteren kartographischen Auswertungen bildeten, erwies sich als sehr vorteilhaft. Entscheidungen über die Maßstabswahl oder die Äquidistanz konnten getroffen werden, nachdem verschiedene Zeichnungen mit verschiedenen Parametern erzeugt und miteinander verglichen wurden. Somit konnte eine optimale Abstimmung zu dem vorhandenen Gelände gefunden werden. Anhand dieser Zeichnungen wurde der Zeichenmaßstab 1:1000 ausgewählt. Diese Entscheidung brachte die Notwendigkeit mit sich, zwei archäologische Fundortkarten herzustellen. Dies erwies sich als richtig, da die teilweise nur spärlich vorhan-

Les corrections nécessaires ont été apportées aux originaux et l'impression de la carte définitive a pu commencer. Dans le cadre des travaux de diplôme, le procédé choisi pour la reproduction était la sérigraphie. Soixante-dix exemplaires des cartes du canal d'Entreroches ont été imprimés en quadrichromie, dans l'ordre vert, rouge, brun et noir. Les cartes annexées à la présente édition ont été imprimées en offset.

7. Résumé

Le levé topographique du canal d'Entreroches et son élaboration cartographique ont été réalisés dans le cadre des travaux de diplôme de F. BOBERG, W. KUHLMANN et D. MLODZIAN au laboratoire de cartographie de l'Institut de Géodésie de l'Université GH Essen. Nous remercions particulièrement le »Förderkreis Vermessungstechnisches Museum e.V.« qui nous a permis, grâce à un généreux soutien financier, d'effectuer les travaux de mensuration dans le terrain.

A partir des données acquises, trois types d'exploitations cartographiques différentes ont été mises sur pied, complémentaires les unes des autres. La carte du site archéologique est une représentation plane et précise du passage du canal. Les blocs-diagrammes ainsi que la représentation tridimensionnelle par anaglyphes fournissent des informations complémentaires importantes concernant le relief du terrain en question.

La production automatisée de certains dessins dans leur état provisoire s'est avérée très précieuse. Cette démarche nous a permis d'obtenir des représentations comportant des paramètres variables, ce qui facilitait les décisions à prendre concernant l'échelle et l'équidistance des cartes définitives. L'adaptation de la représentation aux données du terrain a pu être optimisée et l'échelle a été fixée au 1:1000e.

Le choix d'une échelle relativement grande nous a contraints à construire deux cartes du site. Cette option se justifie dans la mesure où les vestiges historiques, au demeurant assez discrets, pouvaient être représentés en détail. Les trois types de documents élaborés, à savoir le plan du site, les blocs-diagrammes et la représentation plastique par anaglyphes permettent une interprétation exhaustive du terrain à étudier. Il est dorénavant possible d'analyser les dispositions historiques et archéologiques du terrain, permettant à leur tour une reconstitution théorique de l'ancien canal d'Entreroches dans son paysage.

denen historischen Spuren detailliert dargestellt werden konnten.

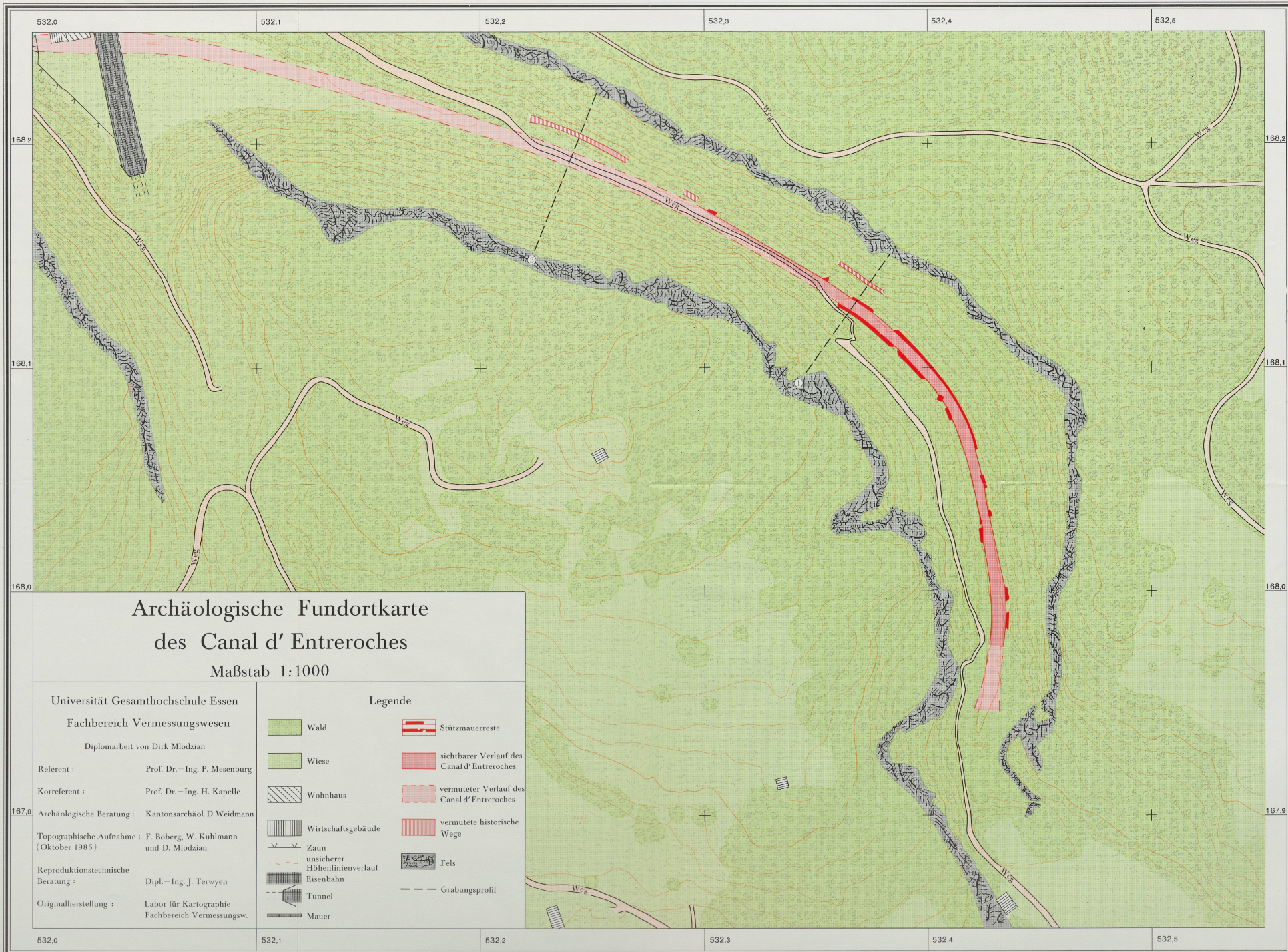
Mit den drei verschiedenen Kartendarstellungen, der archäologischen Fundortkarte, der Blockbilddarstellung und der anaglyphischen Raumbilddarstellung kann nun eine umfassende Interpretation des vorhandenen Geländes durchgeführt werden. Es können Rückschlüsse über das historische Gelände vorgenommen werden, die eine Rekonstruktion des ursprünglichen Canal d'Enteroches und dessen näherer Umgebung zulassen.

Die Zusammenarbeit des Vermessungsingenieurs und des Archäologen am Canal d'Enteroches ist ein gutes Beispiel für die Kooperation zweier Fachdisziplinen.

Bibliographie

- [1] Großmann, W.: Vermessungskunde I, II und III (Berlin 11 1976).
- [2] Hake, G.: Kartographie I und II (Berlin 6 1982).
- [3] Frebold, G.: Profil und Blockbild (1951).
- [4] Funke, R.; Kirch, K.; Nickel, H.: Darstellende Geometrie (10 1981).
- [5] Imhof, E.: Gelände und Karte (1968).
- [6] Imhof, E.: Kartographische Geländedarstellungen (Berlin 1965).
- [7] Boberg, F.: Topographische Aufnahme und rechnergestützte Entwicklung einer zweifarbigten Raumbild-darstellung (Anaglyphenkarte) des Canal d'Enteroches. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität GH Essen, Fachbereich Vermessungswesen, 1986.
- [8] Kuhlmann, W.: Topographische Aufnahme und rechnergestützte Entwicklung einer modifizierten Frontalperspektive (Blockbilddarstellung) des Canal d'Enteroches. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität GH Essen, Fachbereich Vermessungswesen, 1986.
- [9] Mlodzian, D.: Topographische Aufnahme und rechnergestützte Entwicklung einer archäologischen Fundortkarte des Canal d'Enteroches. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität GH Essen, Fachbereich Vermessungswesen, 1986.
- [10] Glutz, R.; Grewe, K.; Müller, D.: Zeichenrichtlinien für topographische Pläne der archäologischen Denkmalpflege (Köln 1984).

Nous espérons avoir pu démontrer par ce travail que la collaboration de l'archéologue et de l'ingénieur-géomètre peut être l'occasion d'une réussite interdisciplinaire.



Archäologische Fundortkarte des Canal d' Entreroches

Maßstab 1:1000

Universität Gesamthochschule Essen
Fachbereich Vermessungswesen

Diplomarbeit von Dirk Mlodzian

Referent : Prof. Dr.-Ing. P. Mesenburg

Korreferent : Prof. Dr.-Ing. H. Kapelle

Archäologische Beratung : Kantonsarchäol. D. Weidmann

Topographische Aufnahme : F. Boberg, W. Kuhlmann
(Oktober 1985) und D. Mlodzian

Reproduktionstechnische
Beratung : Dipl.-Ing. J. Terwyen

Originalherstellung : Labor für Kartographie
Fachbereich Vermessungsw.

Legende

- | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|
| | Wald | | Stützmauerreste |
| | Wiese | | sichtbarer Verlauf des Canal d' Entreroches |
| | Wohnhaus | | vermuteter Verlauf des Canal d' Entreroches |
| | Wirtschaftsgebäude | | vermutete historische Wege |
| | Zaun | | Fels |
| | unsicherer Höhenlinienverlauf | | Grabungssprofil |
| | Eisenbahn | | |
| | Tunnel | | |
| | Mauer | | |