Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande

Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise

Band: 33 (1987)

Artikel: Der Canal d'Entreroches im Anaglyphenbild : Möglichkeiten der räumlichen Geländedarstellung (mit einer Beilage und einer Anaglyphenbrille am Ende des Buches) = Le canal d'Entreroches représenté sur une carte d'anaglyphes : possibilités de représentatio...

Autor: Mesenburg, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-835426

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: 24.12.2025

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

Der Canal d'Entreroches im Anaglyphenbild
Möglichkeiten der räumlichen Geländedarstellung

(mit einer Beilage und einer Anaglyphenbrille am Ende des Buches)

Le canal d'Entreroches représenté sur une carte d'anaglyphes
Possibilités de représentation tridimensionnelle d'un terrain

(avec une carte et des lunettes d'anaglyphes à la fin de l'ouvrage)

Peter Mesenburg

1. Einleitung

Seit jeher sind Menschen darum bemüht, Erkenntnisse zu gewinnen, ihr Gesichtsfeld zu erweitern und sich Vorstellungen auch von den Bereichen zu erarbeiten, die einer direkten Sinneswahrnehmung nicht unmittelbar zugänglich sind. Um diese dennoch zu erschließen ist es notwendig, komplexe und unübersichtliche Strukturen dadurch zu vereinfachen, daß man Modelle der Realität entwirft, die für den beschränkten menschlichen Bewußtseinsumfang erfaßbar sind. Die Modellbildung zur Erkenntnis komplexer Sachverhalte ist somit ein Kunstgriff des menschlichen Intellektes, der, bezogen auf die Erkenntnis unserer näheren und weiteren Umwelt seinen Ausdruck findet in der kartographischen Darstellung der physikalischen Erdoberfläche.

In diesem Sinne sind Karten mehr oder weniger gute Annäherungen an die Wirklichkeit. In ihnen werden räumliche Beziehungen erkennbar, die ohne vereinfachende und gestaltende Maßnahmen der Kartenhersteller für den einzelnen unübersichtlich blieben.

In aller Regel werden topographische Karten als ebene Zeichnungen gestaltet. Die Wiedergabe der räumlichen Beziehungen erfolgt hierin mit Hilfe spezieller kartographischer Zeichen (z.B. Höhenlinien). Diese haben zwar den Vorteil der geometrisch eindeutigen und ausmeßbaren Information, sie besitzen jedoch, besonders in großen Maßstabsbereichen nur eine begrenzte Anschaulichkeit.

Die Erkenntnis räumlicher Zusammenhänge kann jedoch für die Beurteilung und Würdigung eines technischen Großprojektes – z.B. des Canal d'Entreroches – von besonderer Bedeutung sein. In diesem Falle scheint es geboten, kartographische Darstellungsformen zu entwickeln, die dem Bedürfnis nach räumlicher Anschaulichkeit besonders entgegenkommen.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes im Fachbereich Vermessungswesen der Universität GH Essen wurden Möglichkeiten zur

1. Introduction

Depuis que l'homme existe, il ne s'est jamais lassé de faire de nouvelles découvertes, d'élargir son horizon et d'acquérir une notion des domaines qui ne sont pas directement perceptibles par ses sens. Ce désir de s'instruire demande donc souvent une simplification des structures réelles, qui sont complexes et peu claires. Ainsi, l'homme est contraint de construire un modèle de la réalité en simplifiant les données jusqu'à ce qu'elles puissent être appréhendées par la conscience humaine, qui est limitée. L'élaboration des modèles est donc un artifice de l'intelligence humaine, supposé faciliter la compréhension de phénomènes qui en fait ne sont plus à sa portée. Dans le cadre de la perception visuelle de notre entourage proche et lointain, cette méthode est appliquée dans la représentation cartographique de la surface physique de la terre. Dans ce sens, on peut dire qu'une carte constitue une approche plus ou moins fidèle à la réalité. La représentation cartographique assure la perception de relations spatiales qui resteraient insaisissables pour l'individu si le cartographe ne présentait pas un document graphique et simplifié.

En général, les cartes topographiques sont dessinées sur une surface plane. Pour figurer les relations spatiales, il faut donc avoir recours à des signes cartographiques spéciaux tels que par exemple des isohypses (courbes de niveau). Ceux-ci comportent l'avantage d'une information objective (univoque) et mesurable, mais leur représentativité reste limitée, surtout si la carte est établie à une grande échelle.

Toujours est-il que la connaissance des données spatiales d'un terrain est décisive lorsqu'il s'agit d'apprécier et de juger d'un projet de grande envergure, comme de la construction du canal d'Entreroches.

Il semble indiqué dans ce cas précis de développer des méthodes cartographiques qui facilitent et améliorent une représentation tridimensionnelle.

Gestaltung anschaulicher ebener Abbildungen von räumlichen Gegebenheiten systematisch untersucht (vgl. [1], [9] und [10]). Die Herstellung von Anaglyphenkarten stellt einen Teilbereich dieses Vorhabens dar. In diesem Beitrag sollen insbesondere Wege und Lösungsansätze zur rechnergestützten Konstruktion der *Geländeoberfläche in Anaglyphenkarten* behandelt werden.

2. Grundlagen des räumlichen Sehens

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war die rechnergestützte Konstruktion von Raumbildkarten, die einen echten Raumeindruck der dargestellten Landschaft vermitteln können. Die Raumwahrnehmung in diesem Sinne beruht einerseits auf der Tatsache, daß wir unsere Umwelt in der Regel mit zwei Augen wahrnehmen und somit unterschiedliche Bilder im linken und im rechten Auge erzeugen. Die Tiefenwahrnehmung resultiert beim Betrachten eines Gegenstandes aus endlicher Entfernung im wesentlichen aus horizontalen Parallaxen (P'Q'), die durch die unterschiedlichen Konvergenzwinkel γ und $\gamma + d\gamma$ verursacht werden:

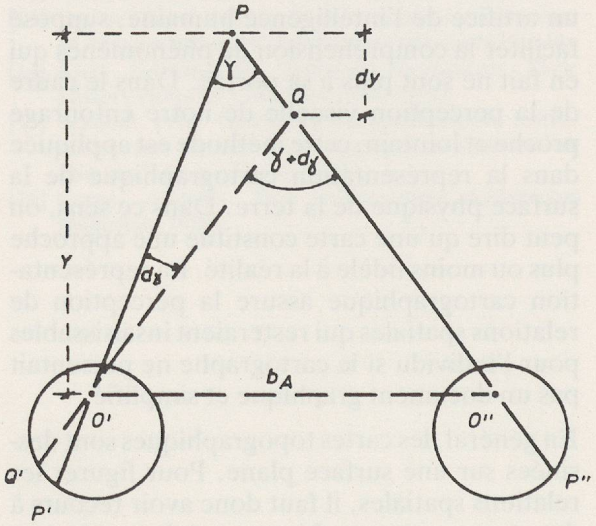

Abb. 1: Beim Blick zum Punkt P bilden die Augachsen den Konvergenzwinkel γ. Dieser wird bei näher gelegenen Punkten (z.B. Q) größer, bei entfernter liegenden Punkten wird er kleiner (vergl. [6]).

Fig. 1: En fixant le point P, les deux axes oculaires forment l'angle de convergence γ. Celui-ci varie en fonction de la distance entre le point fixé et l'observateur; il diminue à mesure que la distance augmente et vice-versa (p.ex. Q), cf. [6]).

Die geometrisch unterschiedlichen Bilder in beiden Augen werden im Gehirn zu einem Gesamtbild verschmolzen. Hierbei entsteht eine Raumwahrnehmung, die zusätzlich durch individuelle Erfahrungen eines jeden einzelnen und durch weitere Faktoren wie zum Beispiel Größenvergleiche, Lichtkontraste u.a.m. unterstützt wird.

Dans le cadre d'un projet de recherche à l'Institut de Géodésie de l'Université GH Essen une étude systématique a été faite au sujet des méthodes de représentation tridimensionnelle sur une surface plane (cf.[1], [9], [10]).
L'établissement de cartes d'anaglyphes constitue une partie de ce projet. Le présent travail traitera essentiellement des démarches d'approche et de la possibilité de reconstruire par ordinateur *la surface d'un terrain* en une carte d'anaglyphes.

2. Les principes de la vision stéréoscopique

L'objectif de nos recherches est la construction par ordinateur de cartes stéréoscopiques dont l'observation donne la sensation de la profondeur et du relief du terrain qu'elles représentent. Notre perception de l'espace et du relief résulte notamment du fait que l'on observe normalement l'espace environnant avec nos deux yeux, qui produisent deux images légèrement distinctes.
La perception stéréoscopique d'un objet conservé à une distance finie résulte en premier lieu de parallaxes horizontales (P'Q') qui sont dues aux différents angles de convergence et γ et $\gamma + d\gamma$.
Les deux images que les yeux produisent et qui sont légèrement différentes par leur géométrie, sont fusionnées en une seule image par le cerveau. L'impression stéréoscopique qui en résulte est renforcée par des expériences personnelles ainsi que par d'autres facteurs, tels que les proportions des différents objets, le contraste de la lumière etc.
Du point de vue de la géométrie, le processus de la vision par l'oeil humain correspond à peu près à une projection centrale. Pour obtenir une image stéréoscopique, il est donc indiqué de l'établir à partir de deux images analogues à celles de la vision oculaire. Ainsi, il est possible d'évoquer une sensation de relief proche de celle de la vision naturelle, si la projection est faite à partir de deux points différents et si l'on observe individuellement les deux projections centrales.

En résumé, deux facteurs contribuent de manière décisive à la sensation de profondeur et de relief:

1. Il faut attribuer une image individuelle à chaque oeil (dissociation des images) – la méthode de leur construction pour les cartes d'anaglyphes sera présentée au chap. 3.
2. Les faisceaux visuels correspondant aux deux images simultanées doivent se recouper sur la rétine de l'observateur. Ils ne doivent donc comporter que des différences parallactiques horizontales.

Aus geometrischer Sicht entspricht der Sehvorgang im menschlichen Auge am ehesten einer zentralperspektivischen Abbildung. Es liegt daher nahe, der Konstruktion räumlich anschaulicher Darstellungen entsprechende Abbildungen zugrunde zu legen. Erfolgt die Projektion von zwei Standpunkten aus, so ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß bei getrennter Betrachtung der wahrnehmungsgerecht konstruierten Zentralperspektiven ein ähnlicher Raumeindruck erzielt wird, wie beim natürlichen Sehen.

Zwei Faktoren sind also wesentlich an der Entstehung eines Raumeindruckes beteiligt:

1. Jedem Auge muß jeweils ein Bild zugeordnet werden (Bildtrennung) – die Vorgehensweise bei der Herstellung von Anaglyphenkarten wird im Abschnitt 3 erörtert.
2. Die Sehstrahlen beider Bilder sollten sich auf der Netzhaut des Betrachters schneiden. Sie dürfen nur horizontale Parallaxenunterschiede erzeugen.

Es ist leicht einzusehen, daß die Güte des natürlichen räumlichen Sehens mit zunehmender Entfernung abnimmt. Betrachtet man zum Beispiel einen Gegenstand aus einer Entfernung von 10 m, so gilt (vergl. Abb. 1):

$$\gamma = \frac{\varrho \cdot {}^{b}A}{y} \qquad (1)$$

Bei Annahme einer mittleren Augenbasis von 65 mm ergibt sich hieraus ein Konvergenzwinkel für 10 m von $\gamma = 0{,}37°$.

Die Änderung des Konvergenzwinkels in Abhängigkeit von der Beobachtungsentfernung folgt aus der Differentiation der Gleichung 1:

$$d\gamma = -\frac{\varrho \cdot {}^{b}A}{y^2}\, dy \qquad (2)$$

Hieraus folgt, daß die Größe des Konvergenzwinkelunterschieds und somit die Güte des natürlichen räumlichen Sehens mit dem Quadrat der Entfernung des betrachteten Gegenstandes abnimmt.

Die mittlere stereoskopische Unterscheidungsmöglichkeit liegt nach Konecny/Lehmann [5] bei $d\gamma = 15''$. Setzt man diesen Wert in die Gleichung 2 ein, so erhält man für unterschiedliche Entfernungen (y) die nachfolgenden Werte für dy. Sie entsprechen dem jeweiligen mittleren Tiefenunterscheidungsvermögen beim natürlichen räumlichen Sehen:

y	dy
0.25 m	– 0.07 mm
10 m	– 0.1 m
660 m	– 487 m

Il va de soi que la qualité de la vision stéréoscopique naturelle diminue à mesure que la distance entre l'observateur et l'objet observé augmente. Lorsqu'on observe p. ex. un objet qui est à une distance de 10 m, il en résulte (cf. fig. 1):

$$\gamma = \frac{\varrho \cdot {}^{b}A}{y} \qquad (1)$$

Supposons une distance moyenne entre les deux yeux de 65 mm; l'angle de convergence pour une distance de 10 m entre l'objet et l'observateur sera selon cette formule de 0.37°.

La variation de l'angle de convergence en fonction de la distance résulte de l'équation différentielle:

$$d\gamma = -\frac{\varrho \cdot {}^{b}A}{y^2}\, dy \qquad (2)$$

Il s'en suit que la différence de l'angle de convergence, donc la qualité de la perception tridimensionnelle, diminue au carré de la distance d'observation.

Le pouvoir moyen de discrimination stéréoscopique est d'après KONECNY/LEHMANN [5] de $d\gamma = 15''$. En mettant cette valeur dans l'équation (2), on obtient les résultats suivants pour dy, pour une distance d'observation variable (y); ils correspondent au pouvoir de discernement moyen du relief par la vision stéréoscopique naturelle:

y	dy
0.25 m	– 0.07 mm
10 m	– 0.1 m
660 m	– 487 m

La première distance indiquée ci-dessus (y = 0.25 m) permet la distinction visuelle la plus claire (cf.[4], p. 568).

La différence minimale de profondeur perceptible est alors de 0.07 mm. En indication linéaire, cette valeur correspond au pouvoir séparateur de l'oeil humain lors du discernement de deux points *juxtaposés,* sous condition que la distance d'observation soit identique et que le pouvoir séparateur angulaire soit de 1'. Dans un champ visuel normal, la précision de la perception visuelle reste identique, pour toutes les directions observées.

Pour une distance d'observation de 10 m, une différence de profondeur de 0.1 m est perceptible à l'oeil humain.

En observant en revanche un objet qui est à une distance de 660 m (depuis le haut d'une montagne, par exemple), on n'est plus capable de la distinguer d'un deuxième objet qui est éloigné de 487 m du premier.

Der erste ausgewählte Abstand (y = 0,25 m) entspricht der Entfernung des deutlichsten Sehens (vergl.[4], S. 568). Der erkennbare Tiefenunterschied beträgt 0,07 mm. Dies entspricht in linearer Angabe dem Auflösungsvermögen des menschlichen Auges bei der Unterscheidung zweier *nebeneinander* liegender Punkte, wenn man den gleichen Betrachtungsabstand wählt und eine Winkelauflösung von 1' unterstellt. Im normalen Lesebereich ist die Beobachtungsgenauigkeit demzufolge nach allen Raumrichtungen gleich.
Bei einer Beobachtungsentfernung von 10 m sind wir in der Lage, Tiefenunterschiede von 0,1 m wahrzunehmen. Betrachten wir einen Gegenstand aus einer Entfernung (bzw. aus einer Höhe) von 660 m, so können wir ihn beim natürlichen räumlichen Sehen nicht mehr von einem zweiten Gegenstand unterscheiden, der sich 487 m hinter dem ersten Gegenstand befindet.
Dieser Nachteil des natürlichen räumlichen Sehens läßt sich durch Variation der Ausgangsbedingungen verbessern. Durch Vergrößerung der Betrachtungsbasis um den Faktor m und durch eine Vergrößerung der Netzhautbilder um den Faktor n wird das Maß für die erkennbaren Tiefenunterschiede (dy) um das Produkt m x n verkleinert (Totale Plastik, vergl.[4]) und somit die Tiefenwahrnehmung verbessert. In diesem Falle gilt also zur Berechnung des erkennbaren Tiefenbereiches folgende Gleichung:

$$dy = - \frac{d\gamma \cdot y^2}{m \cdot n \cdot \varrho \cdot b_A} \qquad (3)$$

Am Beispiel der im Anhang beigefügten Anaglyphenkarte sollen die Zusammenhänge verdeutlicht werden. Die Projektionszentren der beiden Zentralprojektionen befinden sich 660 m über dem Bildhauptpunkt. Aus ihren Koordinatenunterschieden läßt sich unschwer die Länge der Basis mit 198 m berechnen. Der Vergrößerungsfaktor m (im Vergleich zur natürlichen Augenbasis b_A = 0,065 m) beträgt somit:

$$m = \frac{198}{0{,}065} \approx 3046$$

Da bei Betrachtung der Karte ohne vergrößernde optische Hilfsmittel der Faktor n = 1 ist, folgt für den Bereich der Tiefenwahrnehmung der Anaglyphenkarte nach Gleichung 3:

$$dy = - \frac{15 \cdot 660^2}{3046 \cdot 1 \cdot 206264 \cdot 0{,}065} = 0{,}16 \text{ m}$$

Durch die Abbildungsanordnung konnte also in der beigefügten Anaglyphenkarte die Raumwahrnehmung des natürlichen Sehens

Il est possible de corriger cette imperfection de la vision stéréoscopique naturelle en modifiant certains paramètres. En allongeant la base d'observation d'un facteur m et en agrandissant l'image rétinienne d'un facteur n, on arrive à diminuer le point critique de différence de profondeur perceptible (dy) par le produit mn (»Totale Plastik«, cf.[4]). Ce procédé permet d'améliorer la perception tridimensionnelle.
Le champ de profondeur perceptible résulte de l'équation suivante:

$$dy = - \frac{d\gamma \cdot y^2}{m \cdot n \cdot \varrho \cdot b_A} \qquad (3)$$

Comme exemple pour ces relations mathématiques, nous prenons le cas de la carte d'anaglyphes annexée. Les centres des deux projections centrales se trouvent à 660 m au-dessus du plan de l'image. La longueur de la base, qui est de 198 m, est calculée à partir de la différence de leurs coordonnées géodésiques. Il s'en suit que le facteur d'agrandissement (par rapport à la distance normale entre les yeux b_A de 0.065 m) est:

$$m = \frac{198}{0{,}065} \approx 3046$$

Le facteur n est 1, étant donné que l'observation de la carte se fait sans instrument optique grossissant; le champ de la perception tridimensionnelle de la carte anaglypique résulte de l'équation (3):

$$dy = - \frac{15 \cdot 660^2}{3046 \cdot 1 \cdot 206264 \cdot 0{,}065} = 0{,}16 \text{ m}$$

Nous concluons que l'agencement des images de la carte d'anaglyphes ci-jointe permet d'élever à environ 0.2 m la perception stéréoscopique de la vision naturelle (elle serait de l'ordre de dy = − 487 m dans le terrain).
Nous voyons donc que seule cette méthode de représentation permet de donner une juste représentation de la situation d'un terrain, comme celui d'Entreroches.

3. La dissociation en images partielles dans le procédé anaglyptique

Aux XVIIIème et XIXème siècles, bon nombre de méthodes et d'instruments ont été développés afin de produire un effet stéréoscopique, dont une des conditions primordiales est d'attribuer une image individuelle qui correspond à chaque oeil. Une des solutions est la représentation sur une carte d'anaglyphes, méthode inventée en 1853 par le physicien allemand W. Rollmann et qui est à la base de la carte qui se trouve dans l'annexe.

(dy = − 487 m) auf einen Betrag von ca. 0,2 m gesteigert werden. Erst durch diese Maßnahme wird eine sachgerechte Interpretation der räumlichen Zusammenhänge des Canal d'Entreroches ermöglicht.

3. Bildtrennung im Anaglyphenverfahren

Zur Realisierung des stereoskopischen Sehens, dessen Grundvoraussetzung insbesondere in der Forderung besteht, jedem Auge das entsprechende Bild zuzuführen, wurden im 18. und 19. Jahrhundert eine Reihe von Hilfsmitteln und Verfahren entwickelt. Eine Möglichkeit stellt das von dem deutschen Physiker W. ROLLMANN im Jahre 1853 entwickelte Anaglyphenverfahren dar, das der Gestaltung der beigefügten Karte zugrunde liegt.

Die Bildtrennung wird in diesem Falle dadurch erreicht, daß die beiden Halbbilder, die zur Erzeugung des Raumeindruckes notwendig sind, in unterschiedlichen Farben über- bzw. nebeneinander gedruckt werden. Dabei sind die gedruckten farbigen Linien und Punkte so beschaffen, daß sie bei Betrachtung durch entsprechende Farbfilter möglichst deutlich gesehen bzw. nicht gesehen werden können. Die Verfahrensweise soll durch die folgende Abbildung verdeutlicht werden (vergl.[8]):

Der Punkt 2 in der Bildebene (roter Druck) wird bei der Betrachtung durch eine Anaglyphenbrille nur mit dem rechten Auge (durch Filter II = grün) wahrgenommen. Das gleichfarbige Bild (Punkt 1) verschwindet bzw. wird gelöscht, da der Bildträger (weißes Papier) hier nur in der Farbe des betreffenden Filters erscheint (subtraktive Synthese). In gleicher Weise sieht der Betrachter durch die Brille den Punkt 1 (grüner Druck) der Bildebene nur mit dem linken Auge.

Da die Punkte 1 und 2 der Bildebene den gleichen Raumpunkt in unterschiedlichen zentralperspektivischen Abbildungen festlegen, hat der Betrachter den Eindruck, einen Punkt zu sehen, der über der Zeichenfläche schwebt. Durch die Verschmelzung der beiden Halbbilder entsteht ein Raumbild, das auch als Nutzbild bezeichnet wird. Neben diesem existieren in der Regel auch Störbilder, die dadurch zustande kommen, daß die Filterfarben der Anaglyphenbrillen nur näherungsweise auf die Druckfarben abgestimmt werden können (bzw. umgekehrt). Störbilder entstehen also aus der Abstimmungsunschärfe zwischen Filterfarben und Druckfarben.

Die in der Anlage beigefügte Karte wurde im Siebdruckverfahren gedruckt. Zu diesem Zweck wurden im Labor für Kartographie des Fachbereichs Vermessungswesen der Universität GH Essen im Rahmen einer Diplomar-

Dans notre cas, la dissociation en deux images résulte du fait que ces deux représentations, qui sont indispensables pour produire la sensation du relief, sont imprimées en deux couleurs différentes, pouvant être superposées ou juxtaposées. Les lignes et points sont colorés de manière à ce qu'ils ressortent le plus clairement possible ou qu'ils s'effacent entièrement selon la couleur du filtre par lequel on les regarde. Ce procédé est illustré dans la figure ci-dessous (cf.[8]).

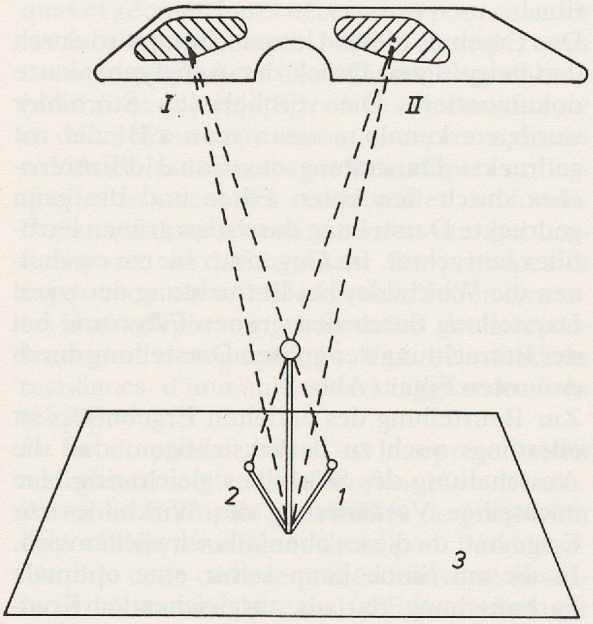

Abb. 2: I – linkes Auge (roter Filter)
II – rechtes Auge (grüner Filter)
1 – Bildzeichnung für das linke Auge (grün)
2 – Bildzeichnung für das rechte Auge (rot)
3 – Bildträger (weißes Papier)

Fig. 2 I – oeil gauche (filtre rouge)
II – oeil droit (filtre vert)
1 – image partielle pour l'oeil gauche (en vert)
2 – image partielle pour l'oeil droit (en rouge)
3 – plan de l'image (papier blanc)

Lorsqu'on observe le point 2 (imprimé en rouge) sur le plan de l'image à travers une lunette d'anaglyphes, il n'est visible que pour l'oeil droit (dont le filtre est vert). La partie de l'image qui est imprimée en vert (point 1) est invisible pour l'oeil droit puisqu'elle apparaît dans la couleur du filtre en question (synthèse par soustraction).

Inversément, la partie de l'image imprimée en vert (point 1) est visible pour l'oeil gauche (filtre rouge), tandis qu'elle disparaît pour l'oeil droit.

Etant donné que les points 1 et 2 du plan de l'image représentent un seul point dans l'espace, mais projeté sous deux angles différents, l'observateur a l'impression de voir un point qui plane au-dessus de la surface. Par la

beit eine Versuchsreihe zur Farbwahl im Siebdruckverfahren entwickelt (vergl. [7] und [10]), die eine optimale Abstimmung der Druckfarben auf handelsübliche Anaglyphenfilter zum Ziele hatte. Dabei wurden zunächst mit Hilfe eines Transmissionsphotospektrometers die Transmissionskurven der roten und der grünen Brillenfolie ermittelt. Die anschließende Bestimmung der Remissionswerte der Drukkergebnisse ermöglichte dann im Rahmen einer graphischen Auswertung die Auswahl einer zweckentsprechenden Farbkombination.

Das Ergebnis dieser Untersuchung wird durch den beigefügten Druck der Anaglyphenkarte dokumentiert. Die verbliebenen Störbilder werden erkennbar, wenn man z.B. die rot gedruckte Darstellung des Canal d'Entreroches durch den roten Filter und die grün gedruckte Darstellung durch den grünen Farbfilter betrachtet. Im Gegensatz hierzu erscheinen die Wirkbilder bei Betrachtung der roten Darstellung durch den grünen Filter und bei der Betrachtung der grünen Darstellung durch den roten Filter (Abb. 2).

Zur Beurteilung des erzielten Ergebnisses ist allerdings noch zu berücksichtigen, daß die Ausschaltung des Störbildes gleichzeitig eine nachteilige Veränderung des Wirkbildes zur Folge hat, da dieses ebenfalls schwächer wird. In diesem Sinne kann selbst eine optimale Farbmischung nur als ausgleichender Kompromiß angesehen werden. Allerdings ist der Beseitigung des Störbildes zur Erzielung eines echten Raumeindruckes eine höhere Priorität einzuräumen.

4. Lösungsansatz zur Geometrie räumlicher Höhenliniendarstellung

Die Konstruktion von Anaglyphenkarten auf der Grundlage der zentralperspektivischen Abbildungen führt, wie in Abschnitt 2 näher erläutert wurde, zu besonders plausiblen Ergebnissen. Der besondere Vorteil dieser Anaglyphendarstellung liegt in der Erzeugung eines raumtreuen oder tautomorphen Raumeindrucks. Dies gilt für den Fall, daß das relative Basisverhältnis bei der Konstruktion annähernd das gleiche ist, wie das Basisverhältnis bei der späteren Betrachtung des Bildes. Allerdings läßt die Variation des Basisverhältnisses – wie später noch gezeigt werden wird – auch Möglichkeiten zur Manipulation des Raumeindruckes offen.

Die manuelle Konstruktion der einzelnen Teilbilder ist jedoch in aller Regel sehr aufwendig und in diesem Umstand mag auch der Grund dafür liegen, warum Karten nach dieser Abbildungsmethode bis heute nur selten angefertigt

fusion des deux images partielles on obtient une image plastique qui est appelée également image virtuelle. En général, cette fusion provoque aussi des images parasites qui sont dues à une adaptation insuffisante des teintures des filtres aux couleurs à imprimer (ou vice versa). La production d'images parasites dépend donc du degré d'harmonisation entre les deux types de couleurs. La carte qui se trouve dans l'annexe a été imprimée par sérigraphie. Dans le laboratoire de cartographie de l'Institut de Géodésie de l'Université GH Essen, on a conduit à cet effet, dans le cadre d'un travail de diplôme, une série d'expériences concernant le choix des encres sérigraphiques (cf. [7] et [10]): l'objectif de ce travail était d'atteindre un accord optimal des couleurs à imprimer avec les filtres d'anaglyphes usuels.

Il s'agissait tout d'abord de définir les courbes de transmission des deux feuilles transparentes teintées en rouge et en vert au moyen d'un spectrophotomètre de transmission. Ensuite, il a fallu déterminer les valeurs de réflectance de l'image imprimée, afin de choisir une combinaison de couleurs appropriée à la réalisation graphique.

Le résultat de ces recherches est matérialisé par les cartes d'anaglyphes annexées. Les images parasites que l'on n'a pu éliminer sont visibles lorsqu'on observe la partie de la carte imprimée en rouge à travers le filtre rouge ou la partie imprimée en vert par le filtre vert. En revanche, les deux parties désirées de la représentation apparaissent respectivement, lorsqu'on regarde la partie imprimée en vert à travers le filtre rouge et vice versa (cf. fig. 2).

Pour un jugement équitable du résultat, il faut noter que l'effacement de l'image parasite a des conséquences pour la partie de l'image que l'on veut conserver, dans la mesure où celle-ci ressort plus faiblement. Dans ce sens, le mélange optimal des couleurs reste un compromis. Toujours est-il que l'effacement de l'image parasite est primordial pour produire une bonne sensation de relief.

4. Géométrie de la représentation tridimensionnelle des isohypses

La construction de cartes d'anaglyphes mène à des résultats très acceptables si l'on prend pour base des représentations à projection centrale (cf. chap. 2). L'avantage de ce type d'image plastique tient en premier lieu à son effet stéréoscopique qui est tautomorphe, c'est-à-dire qu'il reproduit fidèlement les relations spatiales de la réalité. Notons que cet effet est obtenu à condition que les caractéristiques de la base de la construction et de celle de l'observation soient approximativement iden-

wurden. Dieser Nachteil wird hinfällig, wenn es gelingt, zur Konstruktion der Raumbilder moderne Datenverarbeitungsanlagen einzusetzen.
Die mathematischen und geometrischen Zusammenhänge zur Berechnung von zentralperspektivischen Koordinaten sind in der Fachliteratur hinreichend behandelt (z.B.[4], [6], [8]), so daß auf eine Ableitung der zugrunde liegenden mathematischen Berechnungsformeln hier verzichtet werden kann. Über Grundlagen und Erfahrungen bei der kartographischen Behandlung gradlinig begrenzter Gebäude- und Siedlungskomplexe in Anaglyphenkarten wurde bereits 1985 berichtet (vergl.[7]).
Gegenstand dieser Untersuchung ist die räumliche Darstellung einer *Geländeoberfläche*. Aus der Vielzahl der bekannten Projektionsmöglichkeiten wurden bei der Konstruktion der Anaglyphenkarte des Canal d'Entreroches ein Verfahren ausgesucht, bei dem die zentralperspektivische Abbildung der Geländeoberfläche auf eine horizontal liegende Bildebene erfolgt (siehe Abb. 3). Dieses Abbildungsprinzip führt, unter der Voraussetzung, daß die Betrachtung in Übereinstimmung mit dem Konstruktionsvorgang erfolgt, zu einem oberhalb der Abbildungsebene erzeugten tiefenrichtigen orthoskopischen Raumeindruck. In physiologischer Hinsicht verspricht diese Abbildungsanordnung die sicherste räumliche Zuordnung (Abb. 3).
Bei der Herstellung der Karte des Canal d'Entreroches wurde folgender Weg eingeschlagen:
In einem ersten Schritt wurden zunächst auf der Grundlage einer örtlichen topographischen Geländeaufnahme eine bzw. zwei großmaßstäbige topographische Karten entworfen (vergl. BOBERG u.a. in dieser Veröffentlichung). In ihnen erfolgte die Geländedarstellung in üblicher Manier durch Höhenlinien, also in senkrechter Parallelprojektion. Beide Karten bildeten dann die Grundlage für alle weiteren Maßnahmen:
Die einzelnen Höhenlinien wurden nach geometrischen Aspekten in Punktfolgen zerlegt. Die Koordinaten der ausgewählten Höhenlinienpunkte wurden sodann mit Hilfe eines Digitizers numerisch ermittelt und gespeichert. Nach Festlegung der Aufnahmeparameter (Projektionszentrum, Blickrichtung, Lage der Abbildungsebene, Basisverhältnis und Maßstab) wurden schließlich alle Punkte zentralperspektivisch abgebildet. Die hieraus resultierenden Bildkoordinaten wurden ebenfalls gespeichert. Sie stellen – nach ihrer Höhe sortiert – den diskreten Verlauf der Höhenlinien in der Abbildung dar.

tiques. La variation des proportions de ces bases permet cependant de modifier l'effet stéréoscopique et nous reviendrons sur ce sujet par la suite.
La construction manuelle des images partielles demande énormément de travail, ce qui explique que le recours à cette méthode a toujours été très rare. Cette difficulté devient surmontable dès le moment où l'on réussit à construire les figurations tridimensionnelles par ordinateur.
En ce qui concerne les relations mathématiques et géométriques nécessaires pour calculer les coordonnées en perspective centrale, nous renvoyons le lecteur à la littérature spécialisée (dont p. ex.[4], [6], [8]), où ce sujet est discuté en détail. Pour cette raison, nous renonçons ici à déduire les formules mathématiques sur lesquelles le calcul des coordonnées est fondé. Nous signalons à cette occasion une publication parue en 1985 traitant des principes et expériences au sujet de la construction de cartes d'anaglyphes, et notamment de la représentation cartographique des délimitations rectilignes d'immeubles et d'agglomérations (cf.[7]).
Le but du présent travail est la représentation tridimensionnelle de la *surface d'un terrain*. Parmi les multiples possibilités de projection disponibles, nous avons choisi pour l'établissement de cette carte le procédé suivant: la surface du terrain du canal d'Entreroches est représentée en perspective centrale et projetée sur un plan d'image qui est à l'horizontale (cf. fig. 3). Si les conditions de la construction et celles de l'observation sont identiques, ce type de projection provoque un effet de relief orthoscopique qui est produit au-dessus du plan de l'image. Les représentations ainsi disposées assurent un effet plastique qui est, du point de vue physiologique, le plus vraisemblable.
Les démarches suivantes ont été faites pour construire la carte du canal d'Entreroches:
Premièrement, deux cartes topographiques à grande échelle ont été établies à partir d'un levé topographique local (cf. BOBERG et al. dans le présent ouvrage). Sur les deux cartes, on a représenté le terrain de la manière habituelle, par isohypses, c'est-à-dire par une projection parallèle verticale. Ces deux cartes constituent la base de toutes les démarches suivantes.
Les courbes de niveau ont été disséquées individuellement en suites de points, quant à leur tracé géométrique.
Ensuite, les coordonnées des points d'isohypse choisis ont été déterminées et mises en mémoire au moyen d'un digitaliseur. Finalement, après avoir déterminé les paramètres de

Die Erzeugung eines geschlossenen Höhenlinienbildes in der Abbildungsebene erfordert die kontinuierliche Verbindung benachbarter (abgebildeter) Höhenlinienpunkte. Diese wurde realisiert durch die lineare Verbindung benachbarter Zwischenpunkte (PM – siehe Abb. 4), deren Koordinationen mittelbar über jeweils zwei ausgleichende, affin transformierte Parabeln berechnet werden konnten.
Zur möglichst genauen Rekonstruktion der Höhenlinienkrümmung wird jede Parabel dabei über drei benachbarte, digitalisierte Punkte (P1(1), P2(1), P3(1) bzw. P1(2) = P2(1), P2(2) = P3(1), P3(2)) geführt. Zwischen ihnen werden nach vorgegebener Intervallgröße in jede Parabel weitere Punkte eingeschaltet (PS (1) bzw. PS (2)). Das gewichtete Mittel der Koordinaten jeweils entsprechender Punkte (PS (1) – PS (2)) führt schließlich zu endgültigen Koordinaten der Zwischenpunkte PM.

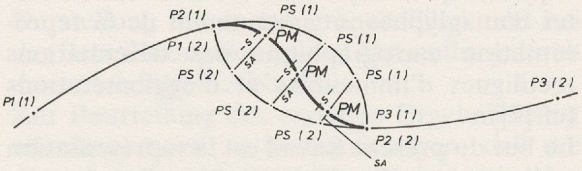

Abb. 4: P1, 2, 3 (1) Stützpunkte des ersten Parabelbogens
P1, 2, 3 (2) Stützpunkte des zweiten Parabelbogens
PS (1, 2) Vorläufige Polygonpunkte
PM Endgültige Polygonpunkte

Fig. 4: P1, 2, 3 (1) – Points de repère de la première courbe parabolique
P1, 2, 3 (2) – Points de repère de la deuxième courbe parabolique
PS (1, 2) – Points polygonaux provisoires
PM – Points polygonaux définitifs

Nach Abschluß aller Berechnungen wurden die »Höhenlinien« als kurzseitige »Polygonzüge« in vergrößertem Arbeitsmaßstab bildgetrennt auf dem Zetaplotter des Hochschulrechenzentrums der Universität GH Essen gezeichnet. Die abschließende photographische Verkleinerung führte zu seitenverkehrten, negativen Teiloriginalen der Druckfarben »anaglyphenrot« und »anaglyphengrün«.
Die zum Siebdruckverfahren erforderlichen seitenrichtigen Farboriginale ergaben sich durch photographische Additionskopie der Teiloriginale (z.B. Gebäude und Höhenlinien) im Kontaktkopierverfahren.

5. Kriterien zur Aufnahmeanordnung

Das Ziel einer raumtreuen Darstellung erfordert eine Maßstabsgleichheit in drei Dimensionen. Diese wird erreicht, wenn zur Konstruktion der Teilbilder das gleiche Basisverhältnis benutzt wird, wie bei der späteren Betrachtung.

la prise (centre de projection, visée, position du plan de l'image, relation de la base et échelle), tous les points ont été représentés en projection centrale. Les coordonnées de l'image résultante ont été stockées également. Placées d'après leur altitude, ces coordonnées représentent le tracé discret des isohypses sur l'image.

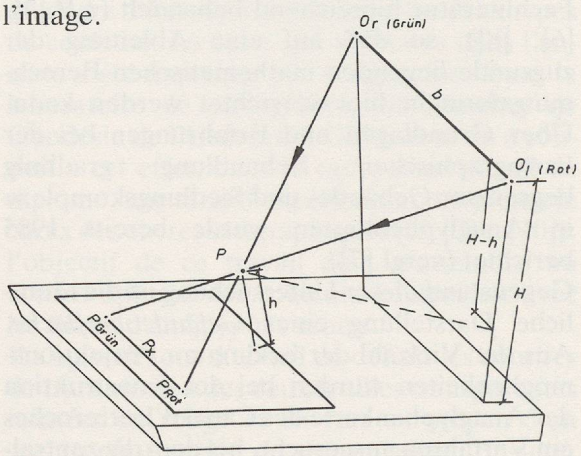

Abb. 3:
$O_{r,\,l}$ – Projektionszentrum (rechts, links)
b – Aufnahmebasis
H – Höhe der Basis über der Bezugsfläche
h – Höhe des Geländepunktes über der Bezugsfläche
P – Geländepunkt
$P_{grün}$ – Bildpunkt von P für das grüne Bild
P_{rot} – Bildpunkt von P für das rote Bild
P_x – Horizontale Parallaxe

Fig. 3:
$O_{r,\,l}$ – centre de projection (r = droit, l = gauche)
b – base optique (de la prise)
H – hauteur de la base par rapport au plan de référence
h – hauteur du point de terrain par rapport au plan de référence
P – point du terrain
$P_{Grün}$ – point pour l'image en vert
P_{Rot} – point pour l'image en rouge
P_x – parallaxe horizontale

La construction d'une image continue d'isohypses sur le plan de l'image demande la liaison entre les points voisins d'isohypses qui sont représentés. La réalisation s'est faite par la liaison de points intermédiaires voisins (PM, cf. fig. 4); leurs coordonnées ont été calculées indirectement par la transformation affine de deux paraboles.
Pour permettre une reconstruction aussi précise que possible de la courbure des isohypses, chaque parabole est dessinée de façon à ce qu'elle touche trois points digitalisés (P1 (1), P2 (1), P3 (1) resp. P1 (2) = P2 (1), P2 (2) = P3 (1), P3 (2)). Entre ces points sont intercalés sur chaque parabole une série de points à intervalle préalablement déterminé (PS (1) resp. PS (2)). La moyenne pondérée des coordonnées des points correspondants (PS (1) – PS (2)) conduit finalement aux coordonnées définitives des points intermédiaires PM.
Ces calculs ont permis ensuite de dessiner les courbes de niveau individuellement pour chaque image partielle, comme tracés polygonaux directs, à l'aide d'un plotter Zêta (appareil

tung. Für einen Betrachtungsabstand von y = 250 mm – 350 mm (vergl. Abb. 1) und einem mittleren Augenabstand von b_A = 65 mm ergibt sich nach der Gleichung

$$v = \frac{{}^{b}A}{y} = \frac{b}{H} \qquad (4)$$

ein Basisverhältnis von v = 0,18 – 0,26. Nach der Wahl der Aufnahmehöhe H ergibt sich demnach die örtliche Aufnahmebasis (vergl. Abb. 3) näherungsweise zu:

$$b = H \cdot v \qquad (5)$$

Wählt man das Basisverhältnis größer als oben angegeben (z.B. v = 0,30), so resultiert hieraus eine Geländeüberhöhung, die allerdings – wie aus der beigefügten Anaglyphenkarte ersichtlich – durchaus eine Verbesserung der Interpretationsmöglichkeiten des dargestellten Geländes mit sich bringen kann.
Maßgebend für die Wahl der Beobachtungsbasis (b) und damit auch für die Wahl der Lage der Projektionszentren ist die Einhaltung einer Maximalparallaxe, die der Beobachter ohne Schwierigkeiten zu einem Bild zu verschmelzen vermag. Die hierzu veröffentlichten Angaben widersprechen sich zum Teil erheblich. Aus diesem Grund sei folgender Erfahrungswert mitgeteilt: In der Anaglyphenkarte des Canal d'Entreroches beträgt die maximale horizontale Parallaxe der Höhenliniendarstellung 16,1 mm. Diese läßt sich problemlos zu einem Raumbild verschmelzen.

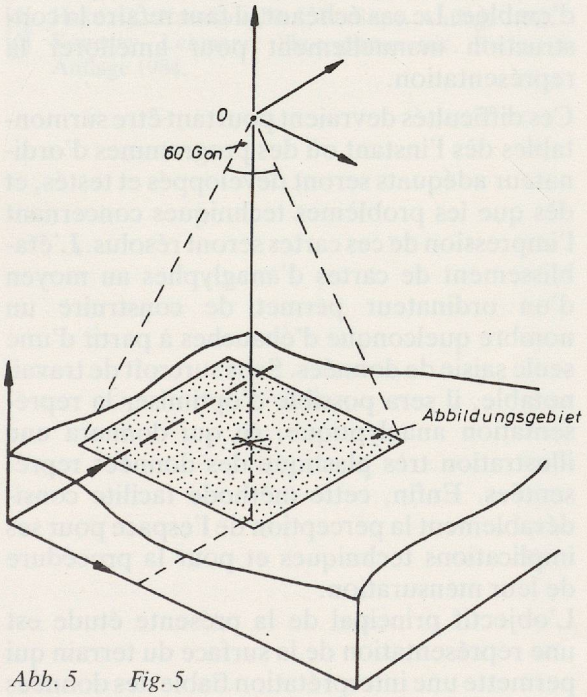

Abb. 5 Fig. 5

pour le traçage des courbes) à une échelle de travail agrandie; ce traçage a été effectué au Centre de Calcul de l'Université GH Essen. Après une réduction photographique, on a obtenu deux originaux négatifs des images partielles, qui correspondent aux deux couleurs d'impression »anaglyphes rouges« et »anaglyphes verts«.
Enfin, on a produit les tirages positifs nécessaires pour la sérigraphie; ils résultent de la superposition photographique des diverses images partielles (p. ex. immeubles et isohypses), réalisée par un procédé de copie-contact.

5. Critères de l'agencement optique de la prise

Une représentation conforme à la réalité requiert des échelles identiques dans les trois dimensions. Cette identité est garantie si les proportions des bases pour la construction et pour l'observation des images partielles sont pareilles. Pour une distance d'observation y = 250 mm – 350 mm (cf. fig. 1) et un espace moyen b_A entre les yeux de 65 mm., il résulte, selon l'équation

$$v = \frac{{}^{b}A}{y} = \frac{b}{H} \qquad (4)$$

une relation de base v = 0.18 – 0.26. Après la détermination de la hauteur de la prise de vue H, on obtient la base optique locale b (cf. fig. 3), approximativement:

$$b = H \cdot v \qquad (5)$$

Lorsque la relation de base dépasse les chiffres indiqués ci-dessus (p. ex. v = 0.30), on provoque une exagération du relief qui peut parfois faciliter l'interprétation du terrain représenté, comme le démontre la carte d'anaglyphes dans l'annexe.
Pour la détermination de la base d'observation (b) ainsi que pour la position des centres de projection, il est décisif de respecter une parallaxe maximale pour que l'observateur soit capable de la réunir en une seule image sans difficultés.
Notons cependant que les indications publiées à ce sujet peuvent diverger passablement. Pour cette raison, nous indiquons la donnée empirique suivante: sur la carte d'anaglyphes du canal d'Entreroches, la parallaxe horizontale maximale des isohypses représentées est de 16.1 mm. Elles fusionnent sans problème en une image plastique.
L'expérience montre que le champ visuel humain est de 54° dans le plan horizontal et de 37° dans le plan vertical (cf. 2), si l'on tourne les yeux en gardant la tête immobile. Par conséquent, l'angle visuel d'une projection cen-

Erfahrungsgemäß umfaßt das menschliche Sehfeld bei ruhiger Kopfhaltung und bewegtem Auge in der Breite etwa 54° und in der Höhe etwa 37° (vergl. [2]). Demzufolge sollte der Sehwinkel einer Zentralprojektion kleiner als 54° (= 60 gon) sein (vergl. Abb. 5). Da die Ausdehnung des Darstellungsgebietes in der Regel bekannt ist, folgt aus Abbildung 5 unmittelbar der geometrische Zusammenhang zur Bestimmung der minimalen Aufnahmehöhe.
Im Falle des Canal d'Entreroches beträgt die Gebietsausdehnung ca. 600 m. Hieraus ergibt sich über den Ansatz

$$H = 300 \cdot \cot 30 \text{ gon} \approx 590 \text{ m}$$

für die Höhe des Projektionszentrum (0) über der Bildebene ein Wert von ca. 590 m. Die horizontale Bildebene wurde in einer Höhe von 440 m ü. NN. definiert, so daß als z – Koordinate für das Projektionszentrum jeweils ein Wert von 1100 m ü. NN. festgelegt werden konnte.
Zum Maßstab der beigefügten Karte bleibt zu bemerken, daß er nur begrenzt wählbar ist, da sich mit ihm auch die Parallaxen ändern. In erster Linie ist dieser Maßstab vom gewählten Druckformat der Anaglyphenkarte abhängig. Da der wirkliche Objektabstand und die wahre Objektgröße aus der zentralperspektivischen Darstellung nicht unmittelbar zu entnehmen sind, ist seine Angabe allenfalls bezüglich der Größenordnung von Bedeutung.

6. Zusammenfassung

Zur Darstellung räumlicher Objekte werden Anaglyphenkarten bis heute nur selten hergestellt. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß ihre manuelle Konstruktion sehr umständlich und zeitraubend ist und daß auch ihre drucktechnische Vervielfältigung spezielle Kenntnisse voraussetzt. Hinzu kommt noch, daß auch der Erfolg der räumlichen Wiedergabe nicht von Konstruktionsbeginn an garantiert werden kann, so daß ggf. eine zweite manuelle Konstruktion zur Optimierung der Darstellung erforderlich sein kann.
Nach der Entwicklung und Erprobung entsprechender Rechenprogramme und nach der Klärung der drucktechnischen Problematik sollten diese Hinderungsgründe nicht mehr existieren. Die rechnergestützte Konstruktion von Anaglyphenkarten bietet die Möglichkeit, auf der Grundlage einer einzigen Datenerhebung beliebig viele Kartenentwürfe zu konstruieren. Ohne nennenswerten Mehraufwand wird eine Optimierung der Anaglyphendarstellung und somit auch eine Optimierung der

trale doit être inférieur à 54° (= 60 gon) (cf. fig. 5). Puisque l'étendue du terrain à représenter est généralement connu, la relation géométrique permettant de déterminer la hauteur de prise de vue minimale résulte directement de la figure 5.
Pour la prise de vue de terrain du canal d'Entreroches, l'étendue est de 600 m environ il en résulte

$$H = 300 \cot 30 \text{ gon} \approx 590 \text{ m}.$$

H représentant la hauteur entre le plan de l'image et le centre de projection (0). Le plan de l'image horizontale a été défini à 440 m d'altitude. Ainsi, la coordonnée z du centre de projection est déterminée à 1100 m d'altitude.
Avant de terminer, signalons que le choix de l'échelle de la carte ci-jointe est restreint dans la mesure où les parallaxes varient en fonction de l'échelle; celle-ci est déterminée en premier lieu par le format d'impression de la carte. Etant donné que ni la distance réelle entre les objets, ni leur taille effective ne ressortent directement de la représentation en projection centrale, il est utile de donner ces indications en fonction de l'ordre de grandeur.

6. Résumé

La représentation de données tridimensionnelles par une carte d'anaglyphes est peu fréquente. Ceci tient surtout au fait que leur construction manuelle est longue et fort compliquée et qu'en plus, l'impression de telles cartes implique des techniques très particulières. En outre, on ne peut jamais garantir à priori que la représentation stéréoscopique sera réussie d'emblée. Le cas échéant, il faut refaire la construction manuellement pour améliorer la représentation.
Ces difficultés devraient pourtant être surmontables dès l'instant où des programmes d'ordinateur adéquats seront développés et testés, et dès que les problèmes techniques concernant l'impression de ces cartes seront résolus. L'établissement de cartes d'anaglyphes au moyen d'un ordinateur permet de construire un nombre quelconque d'ébauches à partir d'une seule saisie de données. Sans surcroît de travail notable, il sera possible d'optimiser la représentation anaglyptique, ce qui donnera une illustration très plastique des données représentées. Enfin, cette méthode facilite considérablement la perception de l'espace pour ses implications techniques et pour la procédure de leur mensuration.
L'objectif principal de la présente étude est une représentation de la surface du terrain qui permette une interprétation fiable des données

räumlichen Information der Darstellung ermöglicht. Die Erkenntnisse über raumbezogene technische und auch vermessungstechnische Zusammenhänge können wesentlich gefördert werden.

Kernproblem dieser Untersuchung war die Frage nach einer interpretationsgerechten *Raumdarstellung der Geländeoberfläche.* Die punktweise Erfassung der Höhenlinien, ihre anschließende Transformation und ihre ausgleichende, kontinuierliche Verbindung in der Bildebene sind als eine Lösungsmöglichkeit eingehend untersucht und erprobt worden.

Das Ergebnis der Untersuchungen wird durch die beigefügte Anaglyphenkarte des Canal d'Entreroches dokumentiert. Bei entspannter Betrachtung dieser Karte schwebt das Gelände, gewissermaßen wie ein Drahtmodell über der dunkelweißen Papierfläche. Der Zusammenhang der topographischen Gegebenheiten als Vorgabe für die vermessungstechnische und bautechnische Problemstellung wird auf diese Weise besonders eindrucksvoll verdeutlicht.

réelles. Dans ce but, on a étudié et expérimenté la solution de l'enregistrement point par point des isohypses, la transformation de ces points et leur redistribution en tracé continu et harmonieux sur le plan de l'image.

Le résultat de cette démarche est documenté par la carte d'anaglyphes qui se trouve dans l'annexe. En observant calmement la carte, on a l'impression de voir planer le terrain au dessus de la surface blanc-mat; l'effet optique est comparable à celui que provoque une maquette en fil de fer. Nous estimons que le contexte des données topographiques est ainsi bien mis en valeur; cette question est fondamentale pour aborder les problématiques des techniques de mensuration et de construction.

Bibliographie

[1] Boberg, F.: Topographische Aufnahme und rechnergestützte Entwicklung einer zweifarbigen Raumbilddarstellung (Anaglyphenkarte) des Canal d'Entreroches, unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität GH Essen, Fachbereich Vermessungswesen, 1986.

[2] Fucke, Kirch, Nickel: Darstellende Geometrie Thun, 8. Auflage, 1975.

[3] Jensch, G.: Die Erde und ihre Darstellung im Kartenbild, Braunschweig, 1970.

[4] Jordan, Eggert, Kneissl: Handbuch der Vermessungskunde, Bd III. 1, Photogrammetrie, Stuttgart 1972.

[5] Hake, G.: Kartographie I, Berlin, 6. Auflage 1982.

[6] Konecny, Lehmann: Photogrammetrie, Berlin, 4. Auflage 1984.

[7] Mesenburg, P.: Zur Problematik der rechnergestützten Herstellung von Anaglyphenkarten und ihrer Vervielfältigung im Siebdruckverfahren, in: Betrachtungen zur Kartographie – Eine Festschrift für Aloys Heupel zum 60. Geburtstag, Bonn 1985.

[8] Mucke, H.: Anaglyphen Raumzeichnungen, Leipzig 1970.

[9] Schulte, J.: Untersuchungen zur rechnergestützten Herstellung dreidimensionaler Geländedarstellungen mit Hilfe des Anaglyphenverfahrens, unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität GH Essen, Fachbereich Vermessungswesen, 1985.

[10] Terwyen, J.: Untersuchungen zur rechnergestützten Herstellung von Anaglyphenkarten, unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität GH Essen, Fachbereich Vermessungswesen, 1983.

Beilage zu :

P. MESENBURG
Der Canal d' Entreroches im Anaglyphenbild –
Möglichkeiten der räumlichen Geländedarstellung

Angaben zur Beobachtungsrichtung

		Y	X	Z
Projektionszentrum Links	:	150,00	230,00	1100,00
Projektionszentrum Rechts	:	238,55	52,90	1100,00
Bildhauptpunkt	:	170,00	240,00	440,00
Maßstab	:	1 : 1750		
Basisverhältnis	:	0,30		
Richtungswinkel	:	70,48 gon		
Nadirdistanz	:	2,16 gon		
Basislänge	:	198,00 m		

Anaglyphische Raumbilddarstellung des Canal d' Entreroches

Universität Gesamthochschule Essen
Fachbereich Vermessungswesen

Diplomarbeit von Frank Boberg

Referent	:	Prof. Dr. – Ing . P. Mesenburg
Korreferent	:	Prof. Dr. – Ing. H. Kapelle
Archäologische Beratung	:	Kantonsarchäologe D. Weidmann
Top. Geländeaufnahme	:	W. Kuhlmann, D. Mlodzian, F. Boberg
Reproduktionstechnische Betreuung	:	Dipl. – Ing. J. Terwyen
Orginalherstellung und Druck	:	Labor für Kartographie