# Integration von 3D-Karten in interaktiven Schulatlanten

Christian Häberling und Hansruedi Bär

## 1 Einführung und Problemstellung

3D-Karten, also computergestützt erstellte perspektivische Visualisierungen von dreidimensionalen Geodatenmodellen mit kartografischem Inhalt auf einem zweidimensionalen Darstellungsmedium, sind heute weit verbreitet. Nicht nur als eigenständige Kartendarstellungen, sondern auch zur Illustration von Artikeln werden solche Abbildungen verwendet. Auch sind in den letzten Jahren verschiedene Computerapplikationen entwickelt worden, in denen solche Darstellungen integriert sind (z. B. ATLAS DER SCHWEIZ 2004). Dabei kann der Nutzer bei diesen virtuellen Landschaften, die oft in hoher grafischer Qualität vorliegen und eine benutzerorientierte Bedienumgebung aufweisen, verschiedenste Perspektiven und Themen interaktiv neu berechnen lassen oder gar in Echtzeit durchs 3D-Kartenmodell navigieren.

In Schulatlanten werden diese kartografischen Darstellungen jedoch noch kaum eingesetzt. Dies mag einerseits daher kommen, dass noch überwiegend gedruckte Versionen von Atlanten im Schulunterricht eingesetzt werden. Somit finden sich dort drin häufig nur statische fotografische Schrägansichten und vereinfachte Blockdiagramme für komplexere dreidimensionale Sachverhalte, beispielsweise für geologische Strukturen innerhalb kleinräumiger Gebiete. Andererseits existieren grundsätzlich nur wenige digitale Schulatlanten, die sich im modernen Geografieunterricht durchsetzen konnten (z. B. DIERCKE 2003). Neben den verhältnismässig kleinen Stückzahlen und dem hohen Erstellungsaufwand mag auch die erst langsame Einführung der benötigten Informatikausrüstung ein Grund dafür sein. Und wenn solche Atlanten überhaupt entwickelt wurden, so sind die darin integrierten - überwiegend grundrisslichen - kartografischen Darstellungen nur mit beschränkter Interaktivität oder dynamischem Inhalt implementiert. Auf die Präsentation von thematischem Inhalt mittels 3D-Karten wurde bis anhin verzichtet.

Der vorliegende Beitrag will didaktische und konzeptionelle Überlegungen zur Strukturierung und Integration solcher Visualisierungen in interaktive Unterrichtsmittel liefern. Neben den Anforderungen und Rahmenbedingungen des schulischen und technologischen Umfeldes vermittelt er auch zu beachtende Aspekte bei der Implementierung von Funktionen und Interaktionen von 3D-Karten.

## 2 Konzeption und Ansätze für Schulatlanten

In der Neukonzeption der interaktiven Version des Schweizer Weltatlas, dem überwiegend eingesetzten Schulatlas auf der Sekundarstufe in der Schweiz, sollen 3D-Karten vermehrt auch als Ergänzung zu interaktiven topografischen und thematischen Karten angeboten werden (SCHWEIZER WELTATLAS 2002). Die Neuausgabe dieses didaktischen Lehrmittels

soll auch von den Vorzügen von 3D-Karten profitieren (HÄBERLING 2004): (1) Die Attraktivität von perspektivischen Visualisierungen ist grundsätzlich sehr hoch. (2) Die visuelle Erfassung der räumlichen Phänomene und Prozesse bezüglich des Geländes erfolgt in der perspektivischen Darstellung intuitiver. Es geschieht eine stufenweise Überleitung von der gewohnten Vogelschauperspektive in die Orthogonalansicht. Ein geografisches Gebiet lässt sich somit gesamtheitlicher betrachten und explorieren. (3) Die Aufmerksamkeit wird zusätzlich erhöht durch freie Navigation im virtuellen Kartenmodell und durch Fokussierung auf Details. Gerade bei jungen Menschen, die sich in der modernen Informations- und Medienwelt auskennen sowie mit Animationen und 3D-Computerspielen bestens vertraut sind, dürfte dies nicht zu vernachlässigen sein.

Wie bereits erwähnt sind 3D-Karten bisher noch kaum in Schulatlanten vorgedrungen. Deshalb fehlen zur Zeit auch Untersuchungen, die sich mit Gestaltung, Funktionalität, Implementierung und Einsatz solcher Karten im Unterricht befassen. Anknüpfungspunkte bieten lediglich Erfahrungen aus anderen Anwendungsbereichen oder die traditionellen gedruckten Schulatlanten.

# 3 Typologie

Weit verbreitet in Schulatlanten ist der exemplarische Ansatz. Der umfassende Anspruch, Kartenmaterialien zum gesamten Globus zu vereinen, zwingt zu Abstrichen bei der thematischen Vielfalt und häufigen grossmassstäbigen Abbildungen. Beschränkte Ressourcen aber auch didaktische Überlegungen – wie etwa der Vermittlung der Kartenkunde – haben den exemplarischen Ansatz für Schulatlanten begünstigt.

Im Folgenden gehen wir vom exemplarischen Ansatz aus und fragen uns, welchen Einfluss dieser Ansatz auf die Gestaltung, Funktionalität und Implementierung von 3D-Karten ausübt. Diesem gegenüber setzen wir als Gegenpol den systematischen Ansatz, der innerhalb einer gegebenen räumlichen oder thematischen Einschränkung eine möglichst umfassende und systematische Strategie verfolgt. Dieser systematische Ansatz ist speziell in topografischen Atlanten oder Nationalatlanten anzutreffen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Aspekte der Umsetzung der beiden Ansätze.

**Tab. 1:** Gegenüberstellung des exemplarischen und systematischen Ansatzes in Atlanten.

| Ansätze<br>Aspekte der Umsetzung | **Exemplarischer Ansatz**<br>(z. B. Schulatlas, Weltatlas) | **Systematischer Ansatz**<br>(Spezialatlas, z. B. topografischer Atlas, Nationalatlas) |
|---|---|---|
| **Grundlagen** | Karten(-serien), Grafik, visualisierte Modelle, Objektverzeichnisse | 3D-Modelle, Objektverzeichnisse |
| **Darstellungsformen** | Frei wählbar, auch künstlerische Gestaltung, Unikate | Perspektivische Abbildungen; (analytische) Texturen, geometrische Objekte |

| | | |
|---|---|---|
| **Navigation** | Synchronisation von Abbildungen, Links, Suchfunktionen | Parametrisierte Darstellungen, Suchfunktionen |
| **Interaktion** | Informationen, Links | Abfrage von Objekten, Analysen |
| **Erzeugung** | Teilweise automatisiert, aber auch individuell gestaltet oder überarbeitet | Automatisierte Darstellungen, «On Demand» |
| **Produkttyp** | Dokument | Programm |
| **(Web-)Technologie** | Standardsoftware | Spezialsoftware, Erweiterungen |
| **Umfeld der Anwendung** | Unterricht, Anschauung | Wissenschaft, Verwaltung |

Unabhängig vom Ansatz bilden 3D-Modelle die Grundlage von 3D-Karten. Die Vorbildfunktion, die dem exemplarischen Ansatz verstärkt zukommt, verlangt meist eine grafisch überarbeitete Darstellung, die über eine rein rechnerische Visualisierung der 3D-Modelle hinausgeht. Solche 3D-Karten sind speziell ausgewählte und bearbeitete Unikate, jedoch ohne die Flexibilität der Modelle zu besitzen. In einem topografischen 3D-Atlas hingegen steht die Möglichkeit zur Erzeugung beliebiger perspektivischer Ansichten von 3D-Modellen im Vordergrund. Ungünstige Abbildungen, die kaum wirksam auszuschliessen sind, werden dabei eher in Kauf genommen.

Die 3D-Kartenmodelle repräsentieren die Geländeoberfläche und Objekte durch ihre Geometrien und grafische Attribute. Das Visualisierungssystem umfasst neben einem Kameramodell – mit dem verschiedene Abbildungen in Zentral-, Parallel- oder Zylinderprojektion (zur Darstellung von Panoramen) denkbar sind – auch geeignete Beleuchtungs- und Schattierungsmodelle.

Das dargestellte Gebiet wird durch den Modellausschnitt oder den Bildausschnitt bestimmt. Die Modelle werden üblicherweise rechteckförmig begrenzt. Alle Manipulationen beziehen sich jeweils auf den gegebenen Ausschnitt. Die willkürlich wirkenden Modellgrenzen werden zumeist durch einen Sockel begrenzt. Alternativ wird der Modellausschnitt durch den Bildausschnitt auf dem Bildschirm bestimmt. Manipulationen an der Abbildung verändern dabei jeweils den involvierten Modellausschnitt.

Navigations- und Interaktionsmöglichkeiten bleiben beim exemplarischen Ansatz beschränkt. Sie werden hauptsächlich durch Synchronisation – dem Koppeln von Abbildungen durch identische Punktpaare – durch Links und Suchfunktionen realisiert. Die parametrisierten Abbildungen beim systematischen Ansatz setzen mindestens teilweise ein Hintergrundwissen voraus, können jedoch vor ungünstigen Einstellungen kaum ausreichend bewahren. Mit diesem Ansatz sind auch Analysen des Geländes möglich.

Die Generierung der 3D-Karten basiert im wesentlichen auf Objekten, den formgebenden Elementen und Texturen, welche die Oberflächen der Objekte visuell variieren. Die Darstellung wird zudem durch die Einstellungen der Beleuchtung und der Kamera (Projektion, Betrachtungsrichtung, Distanz) bestimmt.

Typisches Ausgangsprodukt des exemplarischen Ansatzes ist das Dokument oder eine Sammlung von Dokumenten, die bereits symbolisierte und gestaltete Karten in Form von

Bildern und/oder Vektorgrafiken enthalten. Eine nachträgliche Veränderung durch die Altasbenutzer und -benutzerinnen ist nur bedingt möglich und steht nicht im Vordergrund. Die Verschiedenartigkeit der Karten als auch der Anspruch nach Vorbildlichkeit verringern die Möglichkeit der automatischen Erzeugung durch Programme. Beim systematischen Ansatz hingegen ist die gewünschte Variabilität der Karten nur durch den Einsatz von Programmen erreichbar. Das eigentliche Produkt ist das Programm, das aus den Modellen nach Bedarf die gewünschten Dokumente erzeugt.

Das Dokument als Produkttyp ist ideal für Webanwendungen und kommt mit der üblicherweise vorinstallierten Standardsoftware aus. Problematischer ist jedoch das Arbeiten mit Modellen in einem Webkontext (siehe Kapitel Technologie).

Der Einbezug von 3D-Karten stellt auch die Frage, welchen Stellenwert dieser Kartentyp in einem Schulatlas einnehmen kann. Massstabsmässig decken die Karten eines Schulatlas ein breites Spektrum ab, von Stadtplänen bis Weltkarten. Die Hauptanwendung für 3D-Karten liegt eindeutig im kleinräumigen Bereich und konzentriert sich innerhalb dessen auf hügelige und gebirgige Ausschnitte. Thematische 3D-Karten beschränken sich auf Themen mit einem direkten Bezug zur Topografie.

3D-Karten sind in kartografischer Hinsicht nicht unproblematisch, da sie je nach Ansicht starke Verzerrungen und Massstabsänderungen aufweisen. Die für solche Karten nötigen Generalisierungsschritte können derzeit jedoch kaum automatisiert durchgeführt werden.

Es stellt sich die Frage, ob der exemplarische Ansatz in einem Webatlas noch dieselbe Berechtigung hat wie in einem gedruckten Atlas. Das Argument der begrenzten Seitenzahl entfällt bei einem Webserver, da der Speicherplatz kaum eine limitierende Rolle spielt. Es ist auch anzunehmen, dass die Erwartung der Atlas-Benutzer an den inhaltlichen Umfang eines Webatlas grösser ist. Dort, wo der exemplarische Ansatz als Einführung in Kartenkunde verstanden wird, ist zu prüfen, ob nicht eine Zweiteilung in «Kartensammlung» und «Kartenkunde» sinnvoll erscheint. Wir gehen davon aus, dass in einem Webatlas tendenziell der systematische Ansatz stärker in Erscheinung tritt. Gerade die Gegenüberstellung von statischen Karten und interaktiven 3D-Modellen kann durchaus einer didaktischen Absicht entsprechen. Die Integration von interaktiven 3D-Modellen stellen einen logischen Schritt bei der Entwicklung eines Webatlas dar.

# 4 Technologie

Im Hinblick auf die hauptsächliche Verwendung kommt einer an die spezifischen Bedürfnisse des Geografieunterrichts angepasste Technologie hohe Priorität zu. Eine im Vorfeld des Projekts durchgeführte repräsentative Umfrage hat ergeben, dass eine einfache Bedienung an erster Stelle genannt wird, und zwar vor den Forderungen nach aktuellen Karten und umfassender Interaktivität (MARTY 2006).

Dieselbe Umfrage hat auch gezeigt, dass die Schulen betreffend Infrastruktur und Know-how für zukünftige Webatlanten grösstenteils gut ausgerüstet und vorbereitet sind. Diese Ausgangssituation sowie der in Schulatlanten weit verbreitete Ansatz mit dem Dokument als zentralem Objekt, als auch die Tatsache, dass das Web zum zentralen Informationspool avanciert ist, sprechen stark zu Gunsten einer Internetlösung.

Die Forderung nach einfacher Bedienung beginnt nicht erst bei der Benutzungsoberfläche des Atlas, sondern bereits bei allfälligen dafür notwendigen Installationsarbeiten. Eine niedrige Eintrittschwelle erachten wir für Schüler wie auch für Lehrer als entscheidend. Dazu zählt die Verwendung von Standardsoftware möglichst ohne zusätzlichen Installationsaufwand als auch eine nahtlose Integration ins Web.

Zieht man – wie bei einem Schulatlas zu erwarten ist – eine tageszeitlich stark schwankende Nachfrage in Betracht, drängt sich eine Aufteilung in eine kartografische Grundversorgung und individuelle Zusatzangebote auf. Die Grundversorgung soll alle häufig gemachten Anfragen schnell, gut und ohne übermässige Belastung des Webservers beantworten. Dadurch bleiben auch für Spezialwünsche wie etwa das Berechnen von 3D-Karten noch genügend Ressourcen, wobei sich diese Aufteilung im zeitlichen Verlauf verändern kann.

Um diese unterschiedlichen Bedürfnisse möglichst abzudecken und um eine relativ rasche Umsetzung wesentlicher Inhalte voranzutreiben, bietet sich ein 3-Kreise-Modell an, das eine stufenweise Erweiterung der Interaktionsmöglichkeiten vorsieht, aber auch verstärkte Kompetenzen der Benutzer fordert. Im ersten Kreis des Modells wird versucht, clientseitig mit Standardsoftware auszukommen (Browser mit Scripting-Möglichkeit). Alle Karten – also nicht nur 3D-Karten – werden in vorverarbeiteter Form auf dem Server abgelegt oder aus Modellen berechnet. Im nächsten Schritt wird versucht, Berechnungen vom Server vermehrt auf den Client auszulagern, um bessere und direktere Interaktionsmöglichkeiten zu erzielen. Dies bedingt clientseitig etwa die Installation von Browser-Erweiterungen. Weitergehende Bedürfnisse sollen mit speziellen Desktop-Programmen abdeckt werden, die als Spezialbrowser für Geodaten verstanden werden können. In jeder dieser drei Stufen geht es jeweils um eine Optimierung der Möglichkeiten innerhalb der bestehenden technischen Beschränkungen.

# 5 Beispiel Klus von Moutier

## 5.1 Darstellungsziele und mögliche Funktionalität

Die Klus bei Moutier im Schweizerischen Jura wird im Geografieunterricht in der Schweiz immer als typisches Beispiel eines Taldurchbruches während der Gebirgsfaltung behandelt. Im gedruckten Schweizer Weltatlas wird dieses exemplarische Schulbeispiel mittels einer statischen Schrägaufnahme und einer topografischen Karte präsentiert (Abb. 1 und 2). Im Begleitband des Atlas finden sich dann die Erklärungen zu den Darstellungen, den Talfomen, den geomorphologischen Fluvial- und chemischen Kalklösungsprozessen sowie der Bedeutung der Klus als Verkehrsweg (MARR 2004). Das kleinräumige Gebiet eignet sich wegen seinen markanten Geländeformen und der verkehrstechnischen Bedeutung besonders gut, um den Zusammenhang zwischen der naturbedingten Prägung einer Landschaft und der anthropogenen Nutzung zu analysieren.

Im Prototyp des interaktiven Schweizer Weltatlas soll dieses Beispiel einer interaktiven 3D-Karte mit geeigneten Interaktionen und Funktionen ausgestattet werden. Dabei muss auf einen einfachen technischen Erstellungsweg und Datenworkflow grossen Wert gelegt werden. Die grundsätzliche Festlegung des didaktischen und strukturellen Konzepts sowie der technischen Umsetzung muss selbstverständlich vorgängig geschehen. Der didaktische

Nutzen wird dann anschliessend mittels Nutzungsstudien überprüft. Im Beispiel sollen die geologischen Kalkstrukturen, die natürliche Bodenbedeckung sowie die Siedlungs- und Infrastruktur bei der Klus von Moutier in perspektivischen Darstellungen präsentiert werden (Abb. 2). Das angestrebte Layerprinzip und die geplante Navigationsfreiheit erlauben es dem Schüler, diesen Landschaftsausschnitt zu explorieren.

**Abb. 1:** Klus von Moutier. Links: fotografische Schrägaufnahme (Schweizer Weltatlas 2002); rechts: perspektivische Darstellung des digitalen Höhenmodells (Daten: DHM25, © Swisstopo).

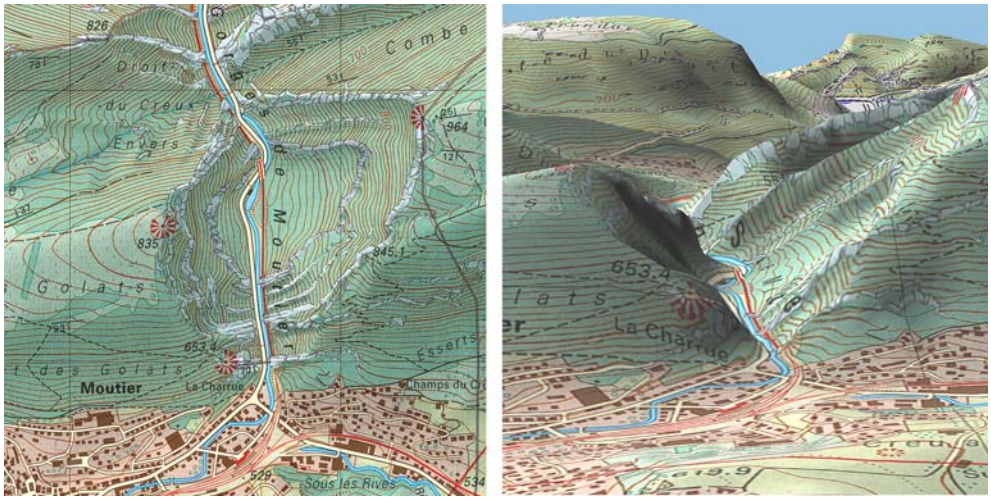


**Abb. 2:** Topografische Karte 1: 25 000 der Klus von Moutier. Links: Orthogonalansicht (Schweizer Weltatlas 2002); rechts: 3D-Karte (Daten: DHM25, © Swisstopo).

## 5.2 Gestaltung

Die Spannweite möglicher Darstellungsformen von 3D-Karten mit interaktiver Funktionalität ist sehr breit. Die Ausprägungen bezüglich strukturellem Aufbau, der Funktionalität, den Interaktionen sowie der grafischen Erscheinung bieten unzählige Kombinationen.

Die interaktive Version des Schweizer Weltatlas soll beim grafischen Duktus den hohen kartografischen Ansprüchen, die an die gedruckte Version seit jeher gestellt werden, gerecht werden. Allerdings dürfte die Kartengrafik wegen des Bildschirms als Darstellungsmedium generell weniger feingliedrig bei den Strich- und Flächenformen, differenzierender bei den Farbabstufungen sowie geradliniger bei der Kartenbeschriftung ausfallen (SPIESS 1996). Dennoch soll im grafischen Stil die Verwandtschaft mit der klassischen Kartendarstellungen der gedruckten Version spürbar bleiben. Auch bei den 3D-Karten wird dies trotz der zusätzlichen Dimension und Perspektive angestrebt. Das kann durch die Formähnlichkeit und das Farbschema für die Symbolisierung oder auch durch die Inhaltsdichte oder die Beschriftung der Kartenobjekte, Legende oder Randangaben geschehen.

## 5.3 Benutzungsoberfläche

Die im Vorfeld des Atlasprojekts durchgeführte Umfrage (MARTY 2006) hat ergeben, dass sowohl eine einfache Bedienbarkeit als auch vielseitige Interaktionsmöglichkeiten in der Gunst der Benutzer ganz vorne stehen. Damit stehen zwei sich teilweise widersprechende Forderungen gegenüber, die bei der Umsetzung einer ausgewogenen Berücksichtigung bedürfen. Die Bedienbarkeit soll bei 3D-Karten somit über eine intuitiv fassbare Benutzungsoberfläche geschehen. Zur Lösung dieses Problems erachten wir die folgenden Massnahmen als sinnvoll:

- Reduktion auf die wichtigsten und notwendigen Funktionen
- Aufteilung der Funktionen für einfachere und komplexere Benutzungsarten
- unterschiedliche Zugänge für verschiedene Benutzergruppen
- Unterstützung durch geeignete Metaphern

# 6 Fazit und nächste Schritte zur Umsetzung

Unabhängig vom thematischen Inhalt soll im geplanten webbasierten interaktiven Schweizer Weltatlas anhand eines Prototyps die Vielfalt der Interaktivität und Funktionalität auch von 3D-Karten ausgelotet werden. Dabei gilt es, vor allem vorhandene Technologien zur Handhabung der zu Grunde liegenden digitalen Kartendaten zu testen und gegeneinander abzuwägen. Es müssen internettaugliche Verfahren gefunden werden, welche die serverseitige Strukturierung und Verwaltung der Daten sowie deren Modellierung zur späteren Symbolisierung und zur clientseitigen Visualisierung ermöglichen. Nur mit längerfristig standardisierten Strukturen und Abläufen kann die gewünschte Themenvielfalt von topografischen oder thematischen 3D-Karten im Atlas gewährleistet werden.

Nach der technischen Ausarbeitung von 3D-Kartenbeispielen wie der Klus von Moutier soll auch ihre Verwendung im Unterricht überprüft und mit den didaktischen Anforderun-

gen verglichen werden. Bei der Generierung von solchen Darstellungen muss also stets auch das vorhandene und sich entwickelnde schulische Umfeld berücksichtigt werden. Die didaktischen Möglichkeiten sind vielseitig. Die thematischen Inhalte sind dann jeweils auf die geplante Lernsituation abzustimmen.

## 7 Literatur

ATLAS DER SCHWEIZ (2004). Version 2, CD-ROM/DVD, Hrsg. Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo), Wabern.

DIERCKE (2003): Digitale Wandkarte EUROPA. Originalkarten aus dem Weltatlas auf CD-ROM, Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig.

HÄBERLING, C. (2004): Topografische 3D-Karten – Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze. Dissertation, Institut für Kartographie der ETH Zürich, Zürich.

MARR, R. (2004): Schweizer Weltatlas – Kommentar zur Ausgabe 2002/2004. Hrsg. Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren, Zürich.

MARTY, P. (2006): Schweizer Weltatlas interaktiv – ein Lehrmittel der Zukunft. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich.

SCHWEIZER WELTATLAS (2002). Nachgeführte und erweiterte Ausgabe. Hrsg. Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren, Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, Zürich.

SPIESS, E. (1996): Digitale Technologie und graphische Qualität von Karten und Plänen. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 9. 467–472.