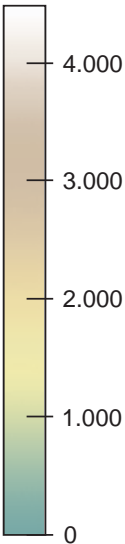


Geländehöhen [m.ü.NN]



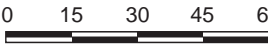
# GLOBAL CHANGE ATLAS EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:  
GLOWA-Danube-Projekt, Universität München (LMU)

## 1.1 Digitales Geländemodell Reliefdarstellung (Überhöhung: 2fach)

Maßstab: 1: 1.700.000



**Datengrundlagen:**  
*Bayern:* Digitales Geländemodell des Bayer. Landesvermessungsamts Az.: VM 3820 B-3122. WWW.Geodaten.Bayern.de. Nutzungserlaubnis vom 08.11.2001  
*Baden-Württemberg:* Digitales Höhenmodell © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg; Az.: 2851.2-D/1382; www.lv-bw.de. Nutzungserlaubnis vom 12.12.2001  
*Tirol:* Amt der Tiroler Landesregierung Innsbruck, Tiroler Raumordnungsinformationssystem "tiris"  
*Salzburg, Vorarlberg:* DGM 1000 des BEV - Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen, Wien (2005), ZIEB 2005/00873  
*CSR, Italien, Schweiz:* USGS GTOPO30

**Autoren:**  
A. Colgan, R. Ludwig  
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung, Universität München

**Grafik:**  
Abt. Kartographie, Dept. für Geo- und Umweltwissenschaften LMU



# 1.1 Digitales Geländemodell - Teilprojekt Koordination

## 1. Einleitung

Das Einzugsgebiet der Oberen Donau ist durch eine außergewöhnliche Vielfalt von Landschaften gekennzeichnet. Dazu zählen vergletscherte Hochgebirge (maximale Höhe Piz Bernina bei 4052 m ü. NN) und waldreiche Mittelgebirgszüge genauso wie Hügelländer, tief eingeschnittene Flußläufe und weite Ebenen. Der Gebietsauslass am Pegel Achleiten nahe Passau befindet sich in 288 m ü. NN, die Reliefenergie beträgt somit 3764 m. Die resultierenden Gradienten bilden sich gleichsam in den klimatischen Verhältnissen oder der Landnutzung ab.

In allen flächenverteilten Modellansätzen ist die Darstellung der Topographie in Form eines digitalen Geländemodells für die Beschreibung vertikaler und lateraler Prozesse von grundlegender Bedeutung. Die topographische Information über das Untersuchungsgebiet der Oberen Donau stellt eine wesentliche Datengrundlage für zahlreiche Modellierungsaspekte der beteiligten Projektgruppen dar und ist damit als Basisdatensatz in der Beschreibung der DANUBIA-Proxel verankert. Sensitivitätsstudien haben ergeben, daß die Genauigkeit des ursprünglich verwendeten digitalen Geländemodells (GTOPO30) des USGS (U.S. Geological Survey) mit der Auflösung von 1 km<sup>2</sup> nicht den durch die Projektpartner spezifizierten Anforderungen einer realistischen Beschreibung der Wasserflüsse im Einzugsgebiet der Oberen Donau gerecht werden kann. Besondere Bedeutung hat die möglichst genaue Erfassung der Topographie für die Schnittstelle der Modellobjekte *Soil*, *Rivernetwork* und *Groundwater*, da hier der Austausch von Wasserflüssen die hydrologische Konsistenz des Datensatzes erfordert. Darüber hinaus sind hochaufgelöste Informationen zur Topographie eine wesentliche Voraussetzung einer qualitativ hochwertigen geometrischen und radiometrischen Prozessierung von Fernerkundungsdaten und der Ableitung und Interpretation anderer Flächendatensätze, wie z.B. der Verteilung der Böden.

Der Qualität des digitalen Geländemodells kommt insbesondere auf der betrachteten Modellskala von 1 km<sup>2</sup> eine wesentliche Bedeutung zu. Durch diese grobe Auflösung besteht die Gefahr großer Informationsverluste durch Generalisierung. Es müssen Methoden eingesetzt werden, die eine lagetreue Abbildung eines hydrologisch konsistenten Gewässernetzes gewährleisten und die wesentlichen Aspekte der topographischen Variabilität erhalten können.

## 2. Datenaufbereitung

Die Erfassung und Aufbereitung topographischer Information werden in der Regel von staatlichen Vermessungsdiensten geleistet. Nachdem die Landesvermessung bislang noch nicht über einen einheitlichen internationalen Standard verfügt, der auch in die Praxis umgesetzt wird, ergeben sich daraus mitunter gravierende Probleme, wenn das zu bearbeitende Gebiet Länder- oder Landesgrenzen überschreitet. Die resultierenden Datensätze unterscheiden sich hierbei sowohl in Datenlage, technischer Erzeugung und Aufbereitung, Geometrie, Auflösung, Qualität und Verfügbarkeit. Die Darstellung der Topographie des internationalen Einzugsgebietes der Oberen Donau ist also auf konventionellem Wege nur durch ein Mosaik aus digitalen Geländemodellen der verschiedenen betroffenen Landesflächen zu erreichen. Der Bedarf an einem hochaufgelösten digitalen Geländemodell macht es erforderlich, auf verschiedene Quellen zuzugreifen. Die Probleme, die sich aus den Unterschieden in der Qualität der Datengrundlagen ergaben, mussten bei der Datenaufbereitung gelöst werden. Abbildung 1.1.1 zeigt die räumliche Abdeckung durch die einzelnen Datensätze. Für den weißen Bereich (6 – Italien, Schweiz, Tschechische Republik) stand nur das globale digitale Höhenmodell (DHM) der USGS mit einer Auflösung von 1000 m zur Verfügung. Tabelle 1.1.1 listet die Quellen und die Auflösung der Daten auf.

Zunächst wurden die einzelnen Datensätze in eine einheitliche Projektion (konforme, konische Lambert-Projektion, International Ellipsoid nach Hayford, Potsdam Datum) transformiert. Dies entspricht der beim Hydrologischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland verwendeten Projektion. Bei einigen Datensätzen war es außerdem notwendig, die Auflösung auf 50 m anzu-

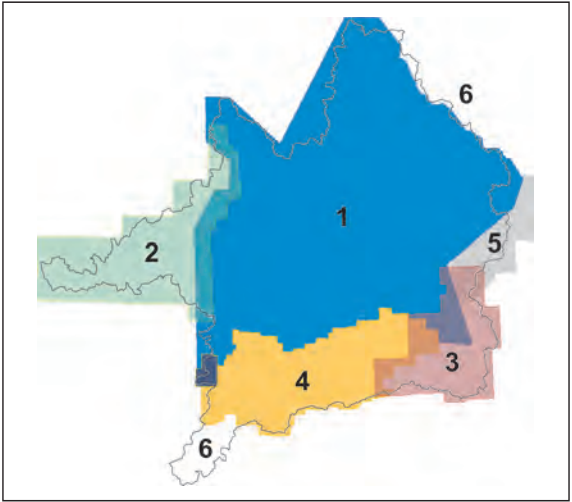


Abbildung 1.1.1: Datenquellen für das DGM im Einzugsgebiet der Oberen Donau

Nr.	Auflösung	Quelle
1	50 m	Bayerisches Landesvermessungsamt (LVA)
2	50 m	Landesvermessungsamt Baden-Württemberg
3	25 m	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), Wien
4	75 m	Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck
5	50 m	SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) X-Band
6	1000 m	U.S. Geological Survey GTOPO30 (Globales DHM)

Tabelle 1.1.1: Datenquellen

passen. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Projektions- und Auflösungs transformation in einem einzigen Schritt durchgeführt wurden. Als Interpolationsmethode wurde die kubische Konvolution gewählt. Dieses Verfahren verwendet einen Hochpassfilter in einem 4 x 4 Pixel großen Fenster der Ausgangsdaten, um daraus einen neuen Höhenwert mit sehr guter Lagegenauigkeit zu berechnen. Anschließend wurden die einzelnen DGMs zu einem gesamten kombiniert. In den Überlappungsbereichen von Datensätzen mit ähnlicher Qualität (Abbildung 1.1.1, grün und violett) konnten nur geringe Höhenunterschiede festgestellt werden. Hier wurde durch Mittelwertbildung jeweils geringfügig geglättet. Die qualitativ nicht so hoch einzustufenden SRTM-, Tiroler und USGS-Daten wurden in Überlappungsbereichen von den Daten des Bayerischen LVA und des BEV, Wien überdeckt.

Das primäre Ziel dieser Datenfusion ist die Bereitstellung eines hydrologisch konsistenten Referenzdatensatzes mit einer räumlichen Auflösung von 1 km<sup>2</sup>. Die möglichst verlustfreie Überwindung des Skalensprungs von 50 auf 1000 m räumliche Auflösung wurde schrittweise vollzogen (50 m – 100 – 250 – 500 – 1000 m). Als Aggregierungsmethode wurde nach Vergleichsrechnungen die bilineare Interpolation gewählt. Dabei wurde bei jedem Aggregierungsschritt eine Mitführung der Minimumhöhe der fließgewässertragenden Proxel durchgeführt, um eine deutliche Reduzierung der ansonsten auftretenden, unerwünschten Glättungseffekte bei der Auflösungsänderung zu gewährleisten. Das jeweils abgeleitete Gewässernetz diente als Referenz zur Bewertung der Güte des digitalen Geländemodells. Die digitale Geländeanalyse erfolgte mit Hilfe des Software-Pakets TOPAZ (Garbrecht & Martz, 1995). TOPAZ basiert auf dem sogenannten D8-Algorithmus, der aus den lokalen Höhenwerten in der Umgebung eines Pixels den potenziellen Fließweg berechnet. Die Bezeichnung D8 steht für Deterministic Eight. Zur Berechnung des Fließweges vergleicht der D8-Algorithmus die Höhenwerte der Nachbarpixel mit der Höhe des Pixels in deren Zentrum und wählt das stärkste Gefälle als Fließrichtung aus. Nach diesem Prinzip ergibt sich für jeden Bildpunkt genau eine Fließrichtung. Der Verlauf der oberirdischen Entwässerung wird entlang des größten Gefälles sukzessive durch alle Pixel geleitet, wobei durch Addition der einzelnen Kontributoren für jede Rasterzelle die genaue Anzahl der Oberflieger bekannt wird. Zur Identifikation des tatsächlichen Gewässernetzes, der oberliegenden oder lateralen Teileinzugsgebiete mit deren Zu-

fluß zu den jeweiligen Gerinneabschnitten, sowie der Einzugsgebietsgrenzen wird eine hydrographische Segmentierung durchgeführt. Dabei kann, durch die flächendifferenzierte Vergabe von Schwellenwerten, die maximale Größe eines Quellgebietes (Critical Source Area) und die minimale Gerinnelänge (Minimum Source Channel Length) festgelegt werden.

## 3. Darstellung der Ergebnisse

Abbildung 1.1.2 zeigt das Endprodukt der digitalen Topographie des Einzugsgebietes der Oberen Donau mit dem daraus abgeleiteten Gewässernetz in einer räumlichen Auflösung von 1000 m.

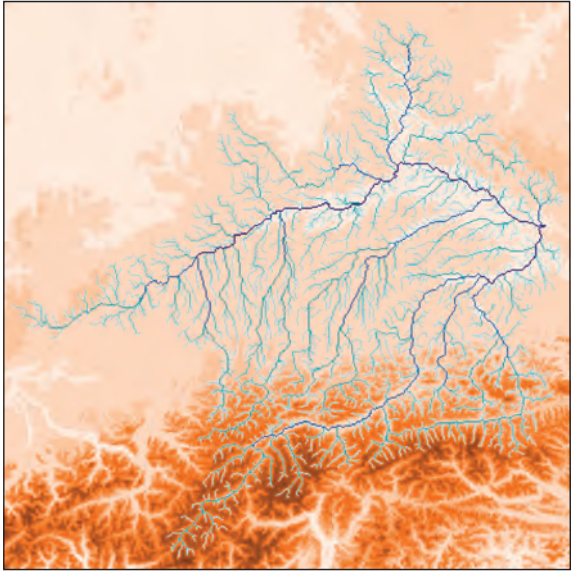


Abbildung 1.1.2: Digitales Geländemodell der Oberen Donau mit dem daraus abgeleiteten Gewässernetz in einer Auflösung von 1000 m.

Das Resultat der Skalierung der verschiedenen Eingangsdaten auf die Modellskala von 1000 m kann mit gut bewertet werden. Das abgeleitete Gewässernetz zeigt einen hohen Grad an Übereinstimmung mit den tatsächlichen Gerinneverläufen im Einzugsgebiet der Oberen Donau. Dabei hat sich die Nutzung subskaliger Information durch die Mitführung von Minimumhöhen bei der Aggregierung als ausgesprochen effiziente Methode zur Erhaltung der topographischen Tiefenlinien erwiesen. Die lateralen Entwässerungsbahnen im Einzugsgebiet werden plausibel und in hinreichender Genauigkeit beschrieben.

Nebenstehende Karte zeigt das digitale Geländemodell des Einzugsgebietes der Oberen Donau in Form einer eingefärbten und schattierten Reliefdarstellung.

## Literatur

Garbrecht, J. & Martz, L. (1995): TOPAZ – Version 1.1. National Agricultural Water Quality Laboratory, USDA, Agricultural Research Service. Durant (Oklahoma).