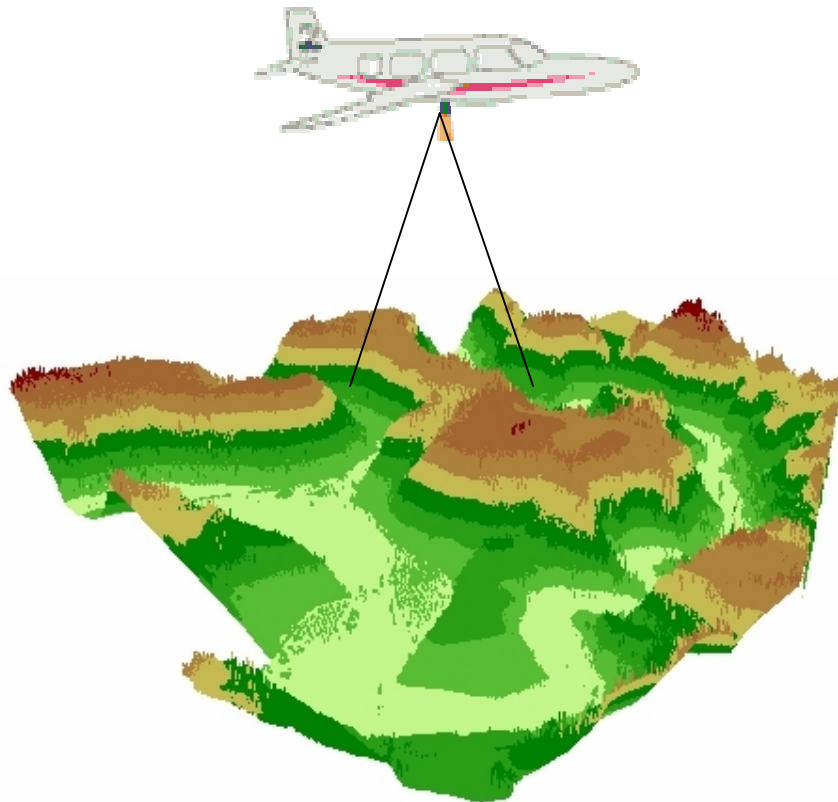


**Diplomarbeit
von
Anja Prochazka**

**Untersuchung der Nutzungsmöglichkeiten
von DGM-Daten aus Laserscanbefliegungen
für Anwendungen im Umweltschutz**



Fachhochschule Karlsruhe – Hochschule für Technik
Fachbereich Geoinformationswesen
Studiengang Vermessung und Geomatik

Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. G. Schweinfurth

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Diplomarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

.....
Karlsruhe, den

Danke

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. G. Schweinfurth für die Betreuung dieser Arbeit bedanken.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Biologiedirektor M. Müller und seinen Mitarbeitern im Sachgebiet „Raumbezogene Informationssysteme“ in der Landesanstalt für Umweltschutz für die fachliche und technische Betreuung.

Für alle Fragen zu den DGM-Daten und dem Verfahren des Laserscanning standen mir Herr Gültlinger und Herr Ott vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg mit großer Geduld zur Seite.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Familie, die es mir ermöglicht hat zu studieren und die immer ein großer Rückhalt für mich ist.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	5
1.1	DIE ZUSTÄNDIGKEITEN IN NATUR- UND UMWELTSCHUTZ	5
1.2	KONTAKTE	6
2	GRUNDLAGEN	7
2.1	DATEN.....	7
2.1.1	<i>Digitales Höhenmodell (DHM), Digitales Geländemodell (DGM), Digitales Oberflächenmodell (DOM)</i>	<i>7</i>
2.1.2	<i>Untersuchungsgebiete</i>	<i>8</i>
2.1.3	<i>Das Laserscanverfahren.....</i>	<i>10</i>
2.2	WERKZEUGE.....	13
2.2.1	<i>ArcView.....</i>	<i>13</i>
2.2.2	<i>Spatial Analyst.....</i>	<i>14</i>
2.2.3	<i>3D Analyst.....</i>	<i>14</i>
2.2.4	<i>Zusätzliche ArcView Erweiterungen</i>	<i>15</i>
2.2.5	<i>Avenue.....</i>	<i>16</i>
2.3	DATENFORMATE.....	16
2.3.1	<i>Rasterdaten (Grid)</i>	<i>16</i>
2.3.2	<i>Dreiecksvermaschung (TIN).....</i>	<i>18</i>
3	AUFGABEN.....	19
3.1	UNTERSUCHUNG ZUR DATENQUALITÄT.....	19
3.1.1	<i>Datengrundlage.....</i>	<i>19</i>
3.1.2	<i>Schema</i>	<i>21</i>
3.1.3	<i>Vergleich 1m -/ 5m-Raster.....</i>	<i>22</i>
3.1.4	<i>Vergleich mit / ohne Bruchkanten</i>	<i>22</i>
3.1.5	<i>Vergleich TopScan / TopoSys.....</i>	<i>24</i>
3.1.6	<i>Probleme</i>	<i>25</i>
3.1.7	<i>Ergebnis</i>	<i>25</i>
3.2	GW-FLURABSTAND.....	26
3.2.1	<i>Definition.....</i>	<i>26</i>
3.2.2	<i>Zielsetzung.....</i>	<i>26</i>
3.2.3	<i>Datengrundlage.....</i>	<i>26</i>
3.2.4	<i>Schema der Vorgehensweise</i>	<i>29</i>
3.2.5	<i>Flurabstand berechnen.....</i>	<i>29</i>
3.2.6	<i>Klassifikation.....</i>	<i>30</i>
3.2.7	<i>Schema des Differenzrasters</i>	<i>30</i>
3.2.8	<i>Flurabstandsberechnungen im Vergleich.....</i>	<i>31</i>
3.2.9	<i>Probleme</i>	<i>34</i>
3.2.10	<i>Ergebnis</i>	<i>34</i>
3.3	3D DARSTELLUNG.....	35
3.3.1	<i>Zielsetzung.....</i>	<i>35</i>
3.3.2	<i>Datengrundlage.....</i>	<i>35</i>
3.3.3	<i>Fachthemen</i>	<i>37</i>
3.3.4	<i>Visualisierung der Höhendaten.....</i>	<i>38</i>
3.3.5	<i>Probleme</i>	<i>44</i>
3.3.6	<i>Schema zur Bearbeitung der Daten.....</i>	<i>44</i>
3.3.7	<i>Ergebnis</i>	<i>46</i>
3.4	PROGRAMMIERUNG	47
3.4.1	<i>Zielsetzung.....</i>	<i>47</i>
3.4.2	<i>Programmablauf.....</i>	<i>47</i>
3.4.3	<i>Beschreibung der Programm – Module</i>	<i>50</i>
3.4.4	<i>Ausführen des Programms</i>	<i>56</i>
3.4.5	<i>Probleme</i>	<i>56</i>
4	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	57
5	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	58

6	LITERATURVERZEICHNIS	60
7	ANHANG	61
7.1	SKRIPTE FÜR AVENUE.....	61
7.1.1	<i>dgm.start.ave</i>	61
7.1.2	<i>dgm.hintergrund.gebietsgrenze.lesen.ave</i>	63
7.1.3	<i>dgm.flurabstand.berechnen.ave</i>	65
7.1.4	<i>dgm.analyse.lv.tin.ave</i>	66
7.1.5	<i>dgm.3d.lesen.25d.ave</i>	68

1 Einleitung

Zahlreiche hydrologische und ökologische Fragestellungen setzen eine genaue Kenntnis der Geländehöhe voraus. Beispiele hierfür sind die Berechnung von Flurabstandskarten, die Ermittlung von Überflutungsflächen, die Berechnung von Kaltluftabflüssen, Ableitung von Größe und Richtung der Geländeneigung oder auch dreidimensionale Darstellungen.

In der BRD werden flächendeckende Digitale Geländemodelle (DGM) von den jeweils zuständigen Landesvermessungsämtern bereitgestellt. In Baden-Württemberg wurde das bisherige Digitale Höhenmodell (DHM) Baden-Württemberg mit Hilfe photogrammetrischer Verfahren erstellt. Das DHM wird durch dreidimensionale Koordinatenwerte von Gitterpunkten repräsentiert, deren regelmäßiger Abstand 50m beträgt.

Derzeit wird durch Laserscanbefliegungen ein neues hochaufgelöstes DGM erstellt. Ziel ist eine Auflösung von 5 Meter – die Befliegung wird bis Ende 2003 fertig sein.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden verschiedene Testdatensätze aus Laserscanbefliegungen ausgewertet und verschiedene Anwendungsmöglichkeiten dieser Daten werden aufgezeigt.

1.1 Die Zuständigkeiten in Natur- und Umweltschutz

Die Natur- und Umweltschutzverwaltung ist in drei Ebenen unterteilt: dem Ministerium für Umwelt und Verkehr (UVM) bzw. dem Ministerium Ländlicher Raum (MLR), den vier Regierungspräsidien (RP) und den 35 Landratsämtern sowie 9 Bürgermeisterämtern. Diese drei Behörden, die sog. Naturschutzbehörden, bilden die Verwaltungsebene. Dabei sind das MLR/UVM die oberste Naturschutzbehörde, die vier RP die höhere Naturschutzbehörde und die Landratsämter bzw. Bürgermeisterämter die unterste Naturschutzbehörde.

Die fachliche Beratungsebene setzt sich aus folgenden Naturschutzfachbehörden zusammen: der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU), den Bezirksstellen für Naturschutz und Landespflge (BNL) und den Naturschutzbeauftragten (ehrenamtliche, nicht weisungsgebundene Berater).

Naturschutzfachbehörden unterstützen und beraten die Naturschutzbehörden. Sie können aber keine Verordnungen erlassen oder Rechtsbescheide erteilen, jedoch ihr Veto gegen Entscheidungen der Naturschutzbehörden einlegen.

Tabelle 1.1: Gliederung der Naturschutzverwaltung

Naturschutzfachbehörde	Naturschutzbehörde
LfU	UVM/MLR
BNL	vier Regierungspräsidien
Naturschutzbeauftragte	Landrats- u. Bürgermeisterämter

Die Aufgaben der LfU sind

- das Ministerium fachlich zu beraten und zu unterstützen
- die Naturschutzbehörden und Naturschutzfachbehörden bei Fachinformationen, allgemeinen Daten und Karten sowie bei Arbeitshilfen zu unterstützen
- die Öffentlichkeit über Naturschutz und Landschaftspflege zu informieren

Das Informationstechnische Zentrum (ITZ) der LfU

- betreut die dezentral installierte Hard- und Software
- unterstützt die Entwicklung der Fachanwendungen der LfU und der Umweltbehörden
- betreut das Umweltinformationssystem (UIS)
- begleitet bei den Umweltbehörden die Weiterbildung und Einführung der Fachanwendungen u.a. durch Schulungen, Seminare etc.

1.2 Kontakte

Für die Diplomarbeit standen Testdaten vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, der Gewässerdirektion Karlsruhe und der Gewässerdirektion Riedlingen zur Verfügung. Ansprechpartner dafür waren Herr M. Gültlinger und Herr T. Ott beim Landesvermessungsamt. Sie standen mir auch für Fragen zum Laserscanverfahren zur Verfügung. Ansprechpartner für die weiteren Testdaten waren Herr J. Manke bei der Gewässerdirektion Karlsruhe und Herr E. Beck bei der Gewässerdirektion Riedlingen.

Für die Grundwasserdaten und für Fragen zum Flurabstand war Herr T. Gudera aus dem Referat 42.2 (Grundwasserhydrologische Modelle und Verfahren) der LfU Ansprechpartner.

2 Grundlagen

2.1 Daten

Im folgenden werden die verschiedenen Digitalen Modelle, ihre Genauigkeit und Folgeprodukte erläutert. Des Weiteren wird auf das bisherige Digitale Höhenmodell von Baden-Württemberg und das neue Digitale Geländemodell eingegangen.

2.1.1 Digitales Höhenmodell (DHM), Digitales Geländemodell (DGM), Digitales Oberflächenmodell (DOM)

Das Gelände beschreibt die Grenzfläche zwischen fester Erde und der Luft bzw. des Wassers. Im DGM wird diese Grenzfläche durch die dreidimensionalen regelmäßig oder unregelmäßig verteilten Geländepunkte (x,y,z) simuliert.

Digitales Höhenmodell (DHM)

Das Höhenmodell ist ein übergeordnetes Modell, das den höhenmäßigen Verlauf einer beliebigen Oberfläche mathematisch abbildet. Deswegen muss immer angegeben werden, um welche Oberfläche es sich handelt, z.B. DHM der Erdoberfläche, DHM der Vegetationsoberfläche, DHM der Grundwasseroberfläche.

Digitales Geländemodell (DGM)

Das Digitale Geländemodell ist eine spezielle Form des DHM: DHM des Geländes. Es repräsentiert die Geländeoberfläche ohne Bebauung und Vegetation. Zusätzlich sind noch Strukturelemente, wie z.B. Bruchkanten, gespeichert.

Digitales Oberflächenmodell (DOM)

Das Digitale Oberflächenmodell repräsentiert die Geländeoberfläche mit Bebauung und Vegetation.

Genauigkeit eines Digitalen Geländemodells

Die Genauigkeit eines Digitalen Geländemodells hängt von folgenden Faktoren ab:

- Aufnahmemethode, z.B. Photogrammetrische Aufnahme, Laserscanning oder Radarinterferometrie
- Punktdichte, Punktanordnung und ergänzende Angaben wie z.B. Bruchkanten
- Interpolationsmethode

Folgeprodukte von Digitalen Geländemodellen

- Einzelpunkthöhen
- Isolinien
- Längs- und Querprofile
- Berechnung von Hangneigungen
- Berechnung von Volumen und Höhendifferenzen
- Reliefdarstellung, Schummerung
- Sichtbarkeitsanalysen

Das DHM Baden-Württemberg

Das bestehende DHM im 50m-Raster entstand 1989 beim Landesvermessungsamt Baden-Württemberg.

Die Datengrundlage des DHM waren analoge Geländeprofile, die 1971 – 1981 entstanden sind. Als Ausgangsdaten dienten die Speicherplatten mit analogen Höhenprofilen, analogen Steuerdaten und Passpunkten.

In einem erstem Schritt wurden die analogen Höhenprofile, die für die Herstellung von analogen Orthobildern verwendet wurden, digitalisiert. Über einem am Lesegerät installierten Impulsgeber wurden die Höhenkoten als Funktion der Lagekoordinaten von Punkten im Abstand von 10m entlang der Profile abgetastet und auf Magnetband registriert. Im Anschluß daran wurden die Daten auf Plausibilität geprüft. Die Prüfung beinhaltete Vollständigkeit des Datenbestandes und unzulässig große Höhendifferenzen. Dadurch wurde ein Ausdünnen der Profile auf einen gleichmäßigen Punktabstand von 40m möglich.

In einem zweiten Schritt wurden die Profilpunkte mittels einer Helmertrtransformation ins Gauß-Krüger-Landessystem überführt. Dazu notwendige identische Punkte wurden über eine Lageblockausgleichung ins Gauß-Krüger-Landessystem umgeformt.

In einem dritten Schritt erfolgte die Beseitigung systematischer Klaffungen. Das vorläufige Ergebnis war jetzt ein DHM in einem uneinheitlichen Raster im Landessystem. Um das DHM in einem einheitlichen Raster vorliegen zu haben, wurde es in ein meridianparalleles Raster mit einheitlicher Rasterweite von 50m interpoliert.

Die Höhen des DHM geben die Oberfläche der Vegetation (Baumwipfel) wieder; zusätzliche Geländeinformationen, wie z.B. Bruchkanten, sind nicht enthalten. (Forum, 1989)

Das DGM Baden-Württemberg

Beim Landesvermessungsamt Baden-Württemberg wird derzeit ein neues DGM eingerichtet, dessen Daten mittels Laserscanbefliegung erfasst werden. Auf die Funktionsweise wird in Kapitel 2.1.3 ausführlicher eingegangen.

Das Landesvermessungsamt erhält die Datenlieferung in UTM-Koordinatensystem, in ellipsoidischer Höhe, automatisch klassifiziert (in Boden- und Vegetationspunkte) und in 1*1km²-Kacheln des UTM-Gitters. Diese Daten werden auf Plausibilität und Vollständigkeit geprüft. In einem weiteren Bearbeitungsschritt werden die Daten von UTM und ellipsoidischer Höhe nach Gauss-Krüger und Höhe ü. NN transformiert. Als nächstes werden die Daten in 1*1km² -Kacheln des Gauss-Krüger – Gitters aufgeteilt. Anschließend erfolgt die Qualitätskontrolle über Kontrollflächen und Kontrollpunkte. Danach findet die interaktive Nachbearbeitung der Klassifizierung statt. Nach der Gitterberechnung erhält man ein DGM im 5m-Raster ohne Strukturelemente.

2.1.2 Untersuchungsgebiete

In der Diplomarbeit wurden Testdaten von den Gebieten um Hockenheim, Philippsburg und Fridingen a. d. Donau verwendet, vgl. Bild 2.1.

Technische Angaben sowie Gebietsgröße, Datenlieferant, Größe der Untersuchungsgebiete, Höhenbereich sowie Auflösung der Daten sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2.2: Übersicht über die Untersuchungsgebiete

	Rhein	Rhein	Donau
Gebiet	Hockenheim/Ketsch	Philippsburg, Rußheim	Fridingen a.d. Donau
Fläche	16 km ²	18 km ²	16 km ²
Höhenbereich	92,4m - 116,5m.ü.NN	88m - 111m.ü.NN	569m - 848m.ü.NN
Auflösung	5*5m; 1*1m	1*1m	1*1m
Spalten/Reihen	800/800; 4000/3996	14000/10000	4429/4468
Erfassungsart	Laserscanmessung	Laserscanmessung	Laserscanmessung
Firma	TopScan	TopoSys	TopoSys
Aufnahmeart	Kippspiegel	Glasfaserbündel	Glasfaserbündel
Datenlieferant	LV BW	GwD Karlsruhe	GwD Riedlingen
Format	ASCII-Datei	ErdasImagine	Grid

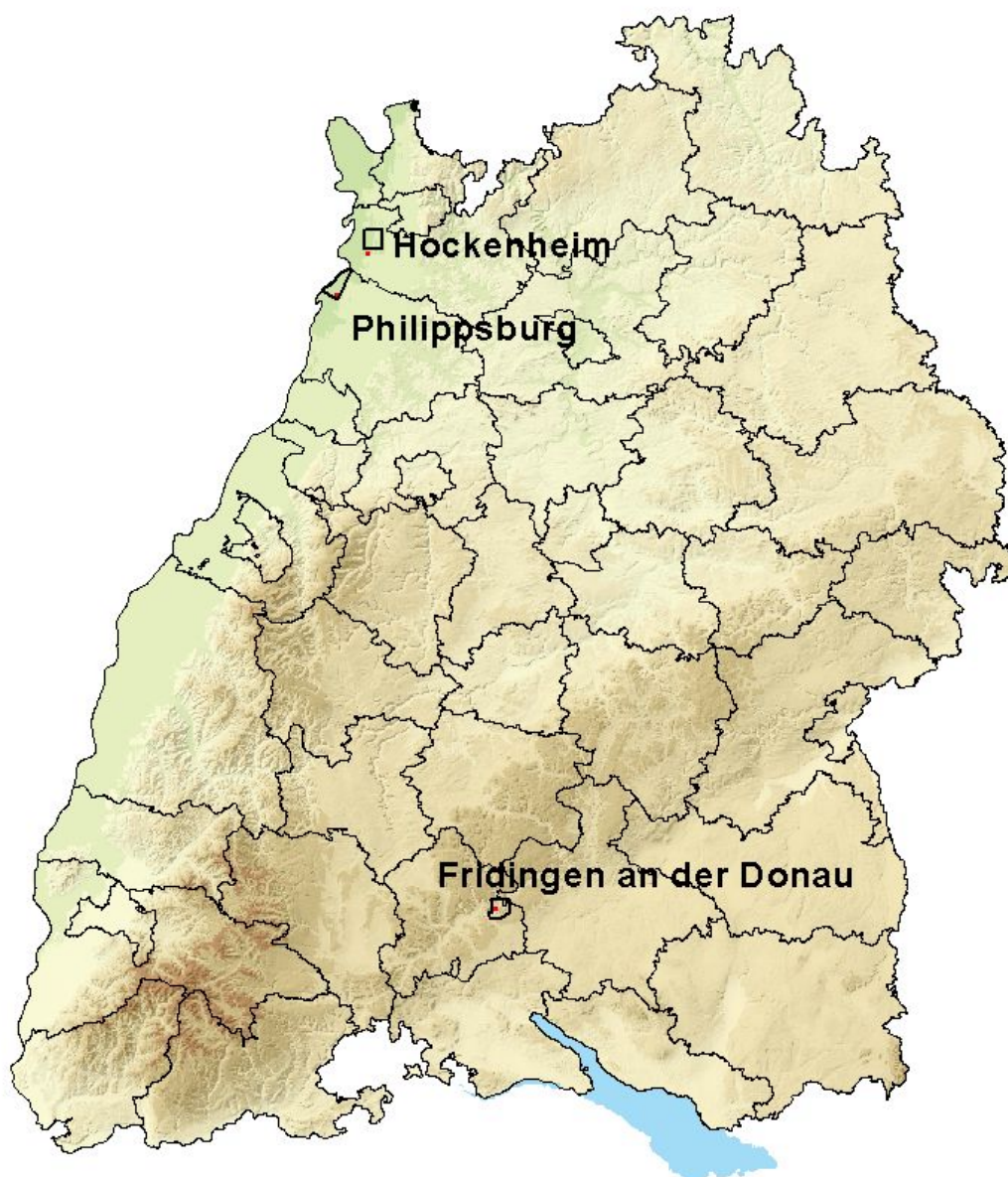


Bild 2-1: Abgrenzung der Untersuchungsgebiete; Kartenhintergrund: Relief und Kreisgrenzen

2.1.3 Das Laserscanverfahren

1) Vorbemerkungen

LASER ist eine Lichtverstärkung durch erzwungene Aussendung von Strahlung (**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation).

Laserscanning ist ein flugzeuggestütztes Verfahren zur topographischen Geländeaufnahme. Es ist gekennzeichnet durch einen weitgehend automatisierten Meßablauf mit vollständig digitaler Datenaufzeichnung und anschließender rein computerbasierter Auswertung. Die Erfassung großer Gebiete mit einer hohen Punktdichte bei hoher Präzision erfolgt so in einer wirtschaftlichen Art und Weise.

2) Die Systemkomponenten

Die Systemkomponenten des Verfahrens sind der Laserdistanzmesser mit Scanvorrichtung, GPS, INS, Bordcomputer und Videokamera. Im folgenden werden sie näher erläutert.

Laserdistanzmesser mit Scanvorrichtung

Von einem im Flugzeug eingebauten Laserscanner werden in regelmäßigen Abständen Laserimpulse ausgesendet, welche vom Erdboden und Objekten - wie Vegetation und Gebäude - reflektiert werden. Durch Laufzeitmessung wird die Zeit gemessen, die ein vom Laser ausgesandter und vom Objekt zurückgestrahlter Lichtimpuls für die Strecke Laser-Objekt-Empfänger benötigt. Bei bekannter Lichtgeschwindigkeit c kann damit die Entfernung s berechnet werden: $s = (c \cdot t) / 2$ (s = Entfernung, c = Lichtgeschwindigkeit, t = Zeit). Ein Scanner sorgt für die Ablenkung des Laserstrahls quer zur Flugrichtung. Durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeugs und dem Hin- und Herschwingen des Ablenkspiegels ergibt sich eine nahezu zickzackförmige Linie, auf der sich die Reflexionspunkte befinden. (Lindenberger, 1993)

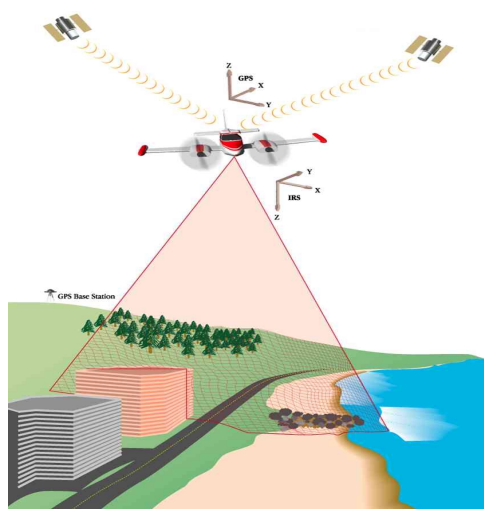


Bild 2-2: Prinzip der Laserscanbefliegung (Optech, 2001)

Bei einem anderen Aufnahmeverfahren wird der Laserstrahl durch ein Glasfaserbündel zum Boden gelenkt. Durch eine spezielle Scaneinheit entsteht am Boden ein zeilenförmiges Abtastmuster. (TopoSys)

Das Global Position System (GPS)

GPS (Global Position System) dient zur Navigation und Positionsbestimmung der Aufnahmesensoren.

Der Flugweg des Messflugzeugs kann mit Hilfe von differentieller GPS-Positionierung mit einer Genauigkeit von 10cm bestimmt werden.

Das Inertale Navigations System (INS)

INS (Inertiales Navigations System) dient zur Neigungsbestimmung.

Das INS misst Beschleunigung und Lageänderung der Sensorplattform. Werden diese Daten integriert, dann erhält man einen präzisen Flugweg und damit genaueste Lageinformationen.

Bordcomputer und Videokamera

Die drei Komponenten Laserdistanzmesser, GPS und INS brauchen eine Verbindung, die über die Zeitsynchronisation hergestellt wird und vom Bordcomputer kontrolliert wird. Die Videokamera dient zur Aufzeichnung des Messgebietes.

3) Mehrfachreflexion

Der Laserscanner kann zwei Arten von Reflexionen unterscheiden und gleichzeitig aufzeichnen:

- First Pulse: Aufzeichnung der ersten Reflexion z.B. Vegetationsoberfläche, Stromleitung
- Last Pulse: Aufzeichnung der letzten Reflexion, z.B. Waldboden, Gebäude

Zur topographischen Geländeaufnahme wird die letzte Reflexion ausgewertet. Dabei kann nicht davon ausgegangen werden, dass dies auch wirklich die Erdoberflächenreflexion ist. Bei dichter Vegetation kann die letzte Reflexion auch in der Vegetationsschicht liegen.

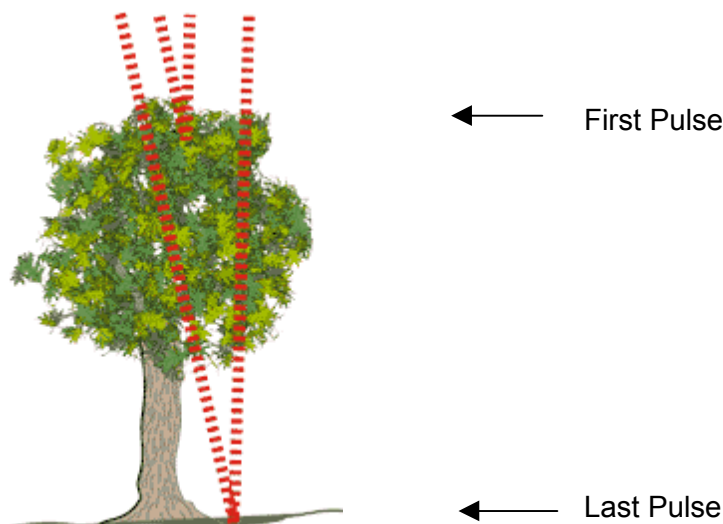


Bild 2-3: Prinzip der Mehrfachreflexion (TopScan)

4) Gewässer

Die Reflexion des Laserstrahls zählt zu den geometrisch-optischen Wechselwirkungen. Ein auf eine Erdoberfläche auftreffender Laserstrahl wird in der Regel diffus reflektiert, d.h. er wird nicht gerichtet, sondern über den Raum verteilt zurückgestrahlt.

Gerichtete Reflexion kann nur über Flächen auftreten, die wie Spiegelflächen wirken, wie z.B. Wasserflächen. Ihre Reflektivität ist von der Bewegtheit der Wasseroberfläche und dem Auftreffwinkel des Laserstrahls abhängig: von weniger als 1% bei sehr ruhigen bis zu 20% bei sehr bewegten Oberflächen. Die Reflektivität der Zieloberfläche beeinflusst die Reichweite des Laserdistanzmessers.

(Lindenberger, 1993)

5) Mathematische Geländemodellierung

Die Laserscanmessung wird entlang des Flugweges nach einem vorgegebenen Zeittakt durchgeführt. Eingriffsmöglichkeiten hat man bei der Wahl der Flugstreifenbreite (Scanwinkel) und der Vorgabe der Meßrate (Scanfrequenz). Die gemessenen Laserpunkte liegen dabei sowohl auf der topographisch aufzunehmenden Erdoberfläche, als auch auf den für das DGM nicht relevanten Objekten wie Vegetation und Gebäuden.

Die Bearbeitung der Laserpunkte unterteilt sich in zwei Aufgaben. Die erste Aufgabe ist die Trennung der gewünschten Laserpunkte auf der Erdoberfläche von den Punkten auf nicht relevanten Objekten. Diese Aufgabe wird durch ein automatisch ablaufendes, digitales Verfahren gelöst. Die Klassifizierung in Bodenpunkte und Hochpunkte muss interaktiv nachbearbeitet werden.

Die zweite Aufgabe ist die Modellierung der mathematischen Geländefläche des DGM aus den gemessenen Punkten der Erdoberfläche. Die mathematische Modellierung hat zwei Aspekte:

- die spezifischen Einflüsse des Meßvorgangs zu reduzieren
- die Geländeoberfläche durch eine Interpolation mathematisch zu modellieren und in der Form von regelmäßig verteilten Rasterpunkten digital darzustellen

(Lindenberger, 1993)

6) Vorteile des Laserscanverfahrens

- reflektorlose Entfernungsmessung zu fast allen natürlichen Oberflächen
- Unterscheidung von Mehrfachreflexionen
- geringe Anforderung an Wetterbedingungen (keine Wolken, kein Nebel oder Regen zwischen Flugzeug und Erdoberfläche)
- zu jeder Tages-, Nacht- und Jahreszeit möglich
- hohe Punktdichte (1-5m Punktabstand)
- in Waldgebieten mehr Messwerte
- Aufwand für örtliche Arbeiten ist reduziert

7) Nachteile des Laserscanverfahrens

- in dicht bewachsenen Waldgebieten versagt das Verfahren
- manche Oberflächen (Wasser, schwarzer Asphalt) haben keine verwertbare Reflexionen
- es werden auch Punkte auf Gebäuden und Vegetation erfasst
- die Trennung von Boden/Vegetationspunkten ist ein komplexer Prozeß

8) Anwendungsbereiche

Wichtige Anwendungsbereiche für Laserscanmessungen sind:

- Topographische Geländeaufnahme
- Vegetationshöhenbestimmung
- Watteneervermessung und Küstenschutz
- Erfassung von Überschwemmungsgebieten
- Hochwasserschutz und Baumaßnahmen in Flussbereichen
- Erfassung von Erosionsflächen
- Lawinenschutz, Gletschervermessung
- digitale Stadtmodelle
- Trassierungen für Straßen-, Gleis-, Pipeline- und Leitungsbau
- Überwachung von Hochspannungsleitungen
- Volumenkontrolle

2.2 Werkzeuge

Die Diplomarbeit wurde mit dem Desktop GIS ArcView3.2 und den dazugehörigen Erweiterungen Spatial Analyst sowie 3D Analyst durchgeführt. Des Weiteren wurden noch zusätzliche Erweiterungen benutzt. Ein Teil der Diplomarbeit besteht aus der Programmierung einer grafischen Benutzeroberfläche. Diese Programmierung wurde mit der Programmiersprache Avenue durchgeführt.

In den folgenden Kapiteln werden diese Werkzeuge erläutert.

2.2.1 ArcView

ArcView GIS 3.2 ist ein Desktop-GIS der Firma ESRI (Environmental System Research Institute).

Mit ArcView ist es möglich, flächenbezogene Daten nach verschiedenen Gesichtspunkten darzustellen, zu verändern, abzufragen und zu analysieren. ArcView besteht aus Projekten, die wiederum eine Sammlung von zusammengehörenden Dokumenten sind. Projekte können folgende Dokumente enthalten: Views, Tabellen, Diagramme, Layouts und Skripte. Die Projektinformationen werden in einer ASCII-Datei (*.apr) gespeichert.

Im Projektfenster werden alle Dokumente eines Projekts angezeigt. Es kann immer nur ein Projekt bearbeitet werden. Die Dokumente werden jeweils in einem eigenem Fenster geöffnet. Die Menü-, Schaltflächen- und Werkzeugleiste sind dynamisch, d.h. sie ändern sich je nach Inhalt des aktiven Fensters.

In einem View kann man raumbezogene Daten darstellen, erkunden, abfragen und analysieren. Ein View ist aufgeteilt in einen Kartenbereich und ein Inhaltsverzeichnis. Im Inhaltsverzeichnis sind die einzelnen Themen aufgelistet, die im Kartenbereich dargestellt werden können. Die Themen können sichtbar oder unsichtbar gemacht, gelöscht oder hinzugefügt werden. Zu jedem Thema gehört eine Legende, die im Inhaltsverzeichnis angezeigt wird. Die Themen können in ihrer Darstellung, z.B. Farbe, Symbolgröße, Linienstärke) beliebig über den Legendeneditor verändert werden.

Die Tabellen stellen Informationen über Geometrie- und Sachdaten dar. Es sind auch INFO, dBase und Text-Dateien als Tabellen einlesbar. Die Tabellen können bearbeitet,

abgefragt und analysiert werden. Selektierte Daten aus der Tabelle werden auch automatisch selektiert im View angezeigt.

Diagramme beziehen sich auf Daten in einer Tabelle des Projekts und definieren wie diese Daten dargestellt werden. Mit Hilfe eines Diagramms kann man Daten anzeigen, vergleichen und abfragen. Dabei sind unterschiedliche Darstellungsformen möglich. Sind in einer Tabelle oder einem View Daten selektiert, werden nur diese berücksichtigt.

Im Layout kann man Karten erstellen, drucken bzw. plotten. Mit Layouts kann man Views, Diagramme, Tabellen, importierte Grafiken und graphische Grundformen darstellen. Mit Layouts legt man fest, welche Daten ausgegeben werden und wie sie dargestellt werden. Layouts sind dynamisch, da sie auch aktiv verknüpfte Grafiken einbinden können. Ändern sich die Daten z.B. in einem View, so ändert sich auch die Darstellung im Layout. Im Layout können auch Maßstabsleisten, Rahmen und Nordpfeile hinzugefügt werden.

Ein Skript enthält ein Avenue-Programm. Avenue ist eine objektorientierte Programmiersprache, mit der die Grundfunktionalität von ArcView beliebig erweitert werden kann (siehe Kap. 2.2.5). Bevor es ausgeführt werden kann, muss es kompiliert werden. D.h. das Skript wird in einen Binärcode übertragen. Skripte werden aus einer Textdatei oder Systemskriptdatei geladen. (Bachhuber, Buhmann, Schaller, 1996)

2.2.2 Spatial Analyst

Die ArcView-Erweiterung Spatial Analyst 2.0 ist ein Modul für die kombinierte Raster- und Vektor-Analytik.

Mit dem Spatial Analyst lassen sich die Daten analysieren und räumlich visualisieren. Auf der Basis von GRID-Daten lassen sich Rasterdaten vielfältig bearbeiten. Es können Rasterkarten berechnet werden und räumliche Abfragen sind möglich. Des Weiteren sind Raster-Raster-, Vektor-Raster- und Raster-Vektor-Konvertierungen möglich. Außerdem kann man Konturlinien und Schummerung berechnen, eine Sichtbarkeitsanalyse durchführen sowie die Neigung und Exposition ableiten. Ebenso lassen sich Oberflächen interpolieren. (ESRI)

2.2.3 3D Analyst

Die ArcView-Erweiterung 3D Analyst ist ein Modul zur dreidimensionalen Analyse und Echtzeitpräsentation.

Es können drei Datentypen für die 3D-Modellierungen verwendet werden: GRIDs, TINs und dreidimensionale Shapefiles.

Das TIN Oberflächenmodell stellt Oberflächenstrukturen mit Hilfe von Dreiecksvermaschungen dar. Des Weiteren können Geländemodelle aus Höhenlinien und Punktegittern mit Höhenangabe erstellt werden. Diese kann man dann mit Raster- oder Vektordaten überziehen.

Weitere Funktionalitäten sind Sichtbarkeitsanalyse, Reliefschattierung, Hangneigung, Exposition und Volumenberechnung zwischen beliebig geformten 3D Flächen. Mit dem 3D Analyst wird ein neues Dokument, die 3D Szene, geladen. Sie ist dem View Dokument ähnlich. Zusätzlich kann man in einer 3D Szene interaktiv navigieren, so ist z.B. ein „Herumfliegen“ um die räumlichen Modelle möglich. (ESRI)

2.2.4 Zusätzliche ArcView Erweiterungen

Geoverarbeitung

Geoverarbeitung ist ein Werkzeug für räumliche Analysen von Objektthemen mit folgenden Funktionen:

- Flächen zusammenführen: Aggregieren von Objekten auf der Grundlage von Attributen
- Themen zusammenführen: Objekte von mindestens zwei Objekten eines Themas werden zu einem Thema zusammengefasst
- Ausschneiden: eine neue Shape-Datei wird erstellt, indem die Objekte zweier Themen überlagert werden
- Themen verschneiden: Überschneiden von Objekten auf der Grundlage von Attributen
- Themen überlagern: Überlagern von Objekten
- Topographische Verbindungen: Zuweisen von Daten nach Ort; herstellen einer raumbezogenen Verbindung zwischen zwei ausgewählten Themen

Grid Utility v1.1

Mit dieser Erweiterung können mehrere Grid-Themen zu einem Thema zusammengefasst werden. Die Zellengröße der Grid-Themen lässt sich verändern, ebenso kann man den Datentyp „Keine Daten“ in einen benutzerdefinierten Wert umwandeln.

Grid Analyst Extension v1.1

Mit dieser Erweiterung lassen sich verschiedene Anforderungen an Grids bearbeiten: ein Bild lässt sich in ein Grid-Thema umwandeln und umgekehrt; man kann ein Grid-Thema entweder mit Hilfe eines Polygon Themas oder einer selektierten Grafik ausschneiden; von einem Grid-Thema kann man x,y,z-Werte für ein Punktethema ausschneiden oder man kann ein Grid-Thema in eine x,y,z-Textdatei umwandeln. Des Weiteren kann man von einem Grid-Thema den Minimumwert abziehen, die Projektion verändern, die Grid Matrix lässt sich berechnen ebenso wie die Grid Statistik.

3drasres.ave

Avenue Skript, um die Auflösung zu verbessern. Die Parameter für die maximale Strukturgröße und maximale Rastergröße können eingegeben werden. Maximaler Wert ist dabei jeweils 1024.

3dmesh.ave

Avenue Skript, um aus einem 3D-Grid ein Gitter im Shape-Format zu erstellen. Die Parameter für die Gitterweite und die Anzahl der Profile an der längsten Seite können eingegeben werden. Das Ergebnisshapefile wird in das Arbeitsverzeichnis geschrieben.

grid_cliptopoly.ave

Avenue Skript, um ein Grid Thema mit einem Polygonthema auszuschneiden. Das Grid Thema muss aktiv sein. Das Ergebnisgrid wird in das Arbeitsverzeichnis geschrieben.

ggmosaic.ave

Avenue Skript, um einzelne Grid Themen zu einem zusammenzufassen. Die Grid Themen müssen aktiviert sein.

asctoshp.ave

Avenue Skript, um eine ASCII-Datei in ein Polygon- oder Polylinien-Shape umzuwandeln. Dazu muss die ASCII-Datei folgendes Format haben:

Liniencode, x-Wert, y-Wert, z-Wert

1001, x1, y1, z1

1001, x2, y2, z2

1001, x3, y3, z3

1002, x1, y1, z1

...

Der z-Wert ist optional; der Liniencode ist notwendig, um Anfang und Ende einer Linie zu kennzeichnen.

2.2.5 Avenue

Avenue ist eine objektorientierte Programmiersprache und Entwicklungsumgebung für ArcView. Avenue wird zur Anpassung der Benutzeroberfläche, zur Ausführung einer bestimmten Aufgabe oder zur Entwicklung einer Anwendung, die mit der grafischen Benutzeroberfläche von ArcView kommuniziert, verwendet.

Avenue verfügt über Variablen, die verschiedenen Objekten angehören. Diese Objekte sind Instanzen von Klassen. Für alle Objekte, die einer Klasse angehören, werden gemeinsame Merkmale definiert. Klassen sind hierarchisch organisiert, d.h. Unterklassen erben die Merkmale der Oberklassen.

Methoden sind klassenspezifisch definiert, ein Objekt antwortet mit einer Methode: Objekt.Methode <Parameter 1> ... <Parameter n>. Steht für ein Objekt eine Methode nicht zur Verfügung, dann erscheint eine Fehlermeldung. (ESRI)

2.3 Datenformate

Die Erstellung eines Digitalen Geländemodells ist auf verschiedene Arten möglich:

- nach der Gittermethode im Rasterformat, dann hat jedes Rasterelement eine x,y,z-Koordinate
- nach der Dreiecksmethode im Vektorformat, dann liegen die Höheninformationen von den Eckpunkten und den Seitenlinien der Dreiecke vor

2.3.1 Rasterdaten (Grid)

Ein Grid ist ein Rastermodell, das die Geländeoberfläche als ein gleichmäßiges Gitter darstellt.

Es besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

Die Hauptkomponenten eines Grid sind quadratische Zellen. Jede Zelle hat die gleiche Größe wie alle anderen Zellen des Grid. Die Zellen beinhalten Informationen über die x,y,z-Koordinate. Zellenwerte können Integer- oder Real-Werte sein.

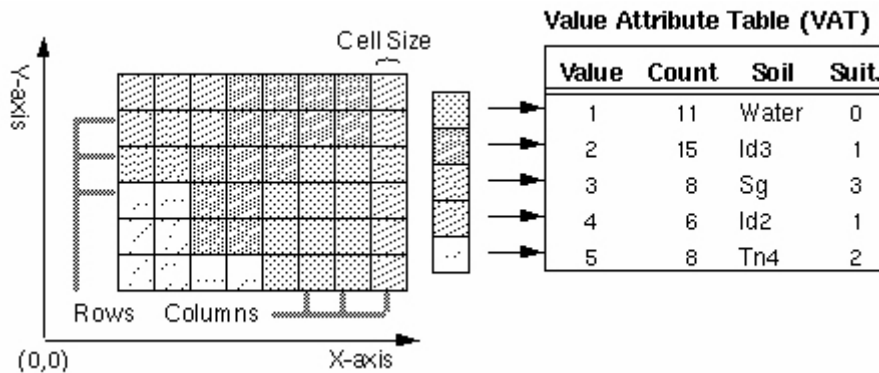


Bild 2-4: Die Hauptkomponenten eines Grid: Zellen, Reihen, Spalten, Koordinatensystem, VAT-Tabelle (ArcInfo Help)

Grid-Zellen sind in Reihen und Spalten angeordnet. Das Grid liegt im kartesischen Koordinatensystem. Durch Projektion kann man es in ein anderes System projizieren. Die Reihen und Spalten des Grid sind parallel zur x- und y-Achse des Koordinatensystems. Zellen können auch NODATA beinhalten, d.h. dass keine Informationen über die Zellen vorhanden sind.

Eine weitere Komponente ist die VAT – Value Attribute Table. Die Tabelle hat zwei Felder: das Value-Feld, das die Höheninformation der einzelnen Zellen beinhaltet und das Count-Feld, das die Anzahl der Zellen mit gleichem Value anzeigt. Die Tabelle kann beliebig um weitere Felder ergänzt werden, aber das Value- und Count-Feld sind erforderliche Felder.

Grids können auch durch Interpolation von einer Punkte-Ascii-Datei erstellt werden. Dabei entsteht ein Floating-Point-Grid.

Die Geländehöhe wird an jedem Ort des Gitters als Durchschnittswert der angrenzenden Höhenpunkte ermittelt, wobei näher liegende Punkte bei der Berechnung stärker gewichtet werden. Zur Interpolation der Punkte gibt es verschiedene Algorithmen: IDW (Inverse Distance Weighted), Spline, Kriging und Trend.

Je enger das Netz der Meßpunkte ist, desto besser sind die Ergebnisse der Interpolation. Je kleiner die Entfernung zwischen den Gitterpunkten ist, desto naturgetreuer wird die Geländeoberfläche wiedergegeben.

Bruchkanten können nachträglich in das Gitter eingerechnet werden, sie können jedoch nicht zur Berechnung des Geländemodells verwendet werden.

Anwendung findet das Rastermodell in kleinmaßstäbigen Visualisierungen, bei denen es nicht so sehr auf eine detaillierte Betrachtung ankommt. (Weidenbach, 1999)

Vorteile eines Grids

- einfach aufgebaut
- läßt sich leicht bearbeiten
- geometrisch topologische Beziehungen, Distanzen und Flächengrößen lassen sich leichter berechnen

(Weidenbach, 1999)

Nachteile eines Grids

- enthält nur grobe Informationen
- bei grobmaschigem Raster können z.T. wichtige Informationen verloren gehen
- hoher Speicherbedarf für hochauflösende Rasterdarstellungen

(Weidenbach, 1999)

2.3.2 Dreiecksvermaschung (TIN)

Ein TIN (Triangulated Irregular Network) ist ein trianguliertes, unregelmäßiges Netz, bestehend aus einzelnen, sich nicht überlappenden Dreiecken.

Die Hauptkomponenten eines TIN sind Knoten, Dreiecke und Kanten.

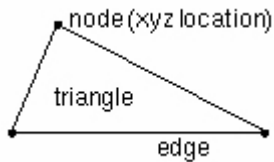


Bild 2-5: Die Hauptkomponenten eines TIN: Knoten, Kanten, Dreiecke (ArcInfo Help)

Knoten sind unregelmäßig (irregular) verteilte Punkte mit zugehörigen x,y,z – Koordinaten, aus denen ein TIN gebildet wird.

Dreiecke werden durch drei benachbarte Knoten erstellt (triangulated).

Kanten sind Seiten der Dreiecke, die Geländestrukturen, z.B. Bruchkanten, repräsentieren.

TINs werden durch Dreiecksvermaschung erstellt. Eine Möglichkeit der Dreiecksvermaschung ist die Delauny Triangulation. Durch drei benachbarte Punkte wird ein Kreis gezeichnet. Damit ist gewährleistet, dass alle Punkte nur mit ihren zwei nächst gelegenen Nachbarn zu einem Dreieck verbunden werden. Die Vorteile dieser Methode sind, dass jeder Punkt der Oberfläche so nah wie möglich zu einem Knoten liegt und dass die Triangulation unabhängig von der Reihenfolge der Bearbeitung der Punkte ist.

Es können auch Bruchkanten zur Berechnung des TIN berücksichtigt werden, in dem diese Bruchkanten als Dreiecksseiten verwendet werden.

Die Auflösung von TIN wird programmgesteuert dort erhöht, wo das Gelände unruhiger ist bzw. dort vereinfacht, wo eine gleichmäßige Geländeform wiedergegeben werden soll.

Die Geländehöhe kann an jeder beliebigen Stelle des Dreiecksmodells ermittelt werden. Dabei werden die Höhenwerte der angrenzenden Dreieckspunkte nach ihrer Nähe zum gesuchten Punkt wie beim Gittermodell gewichtet und gemittelt.

Anwendung findet das TIN aufgrund der höheren Genauigkeit bei detaillierten Planungen im großen Maßstab. (Weidenbach, 1999)

Vorteile eines TIN

- können aus mehreren Datenquellen erstellt werden (Punkte, Linienthemen, Polygone)
- niedriger Speicherbedarf
- hohe geometrische Genauigkeit
- es können morphologische Informationen berücksichtigt werden
- lineare Landschaftselemente gehen nicht verloren

(Weidenbach, 1999)

Nachteile eines TIN

- komplexe Verarbeitungsmethoden
- technische Handhabung

(Weidenbach, 1999)

3 Aufgaben

3.1 Untersuchung zur Datenqualität

Im Rahmen der Diplomarbeit sollen die vorhandenen Testdaten auf ihre Qualität untersucht werden.

- I. Testdaten von einem Gebiet in 1m und 5m Auflösung; für ein Teil mit und ohne Bruchkanten
- II. Testdaten von einem Gebiet von zwei Befliegungsfirmen (siehe Kap. 3.1.6)

3.1.1 Datengrundlage

Laserscandaten

Die Daten aus der Laserscanbefliegung der Firma TopScan wurden vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

Geliefert wurden drei Datensätze, jeweils als ASCII-Datei (x,y,z – Koordinaten):

- 5*5m – Raster
- 1*1m – Raster
- Bruchkanten

Die Daten repräsentieren die Geländeoberfläche ohne Gebäude und Vegetation.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich zwischen Hockenheim und Ketsch im nördlichen Oberrheingebiet. Das insgesamt 16km² große Gebiet liegt in einem Höhenbereich zwischen 92m ü. NN bis 116m ü. NN.

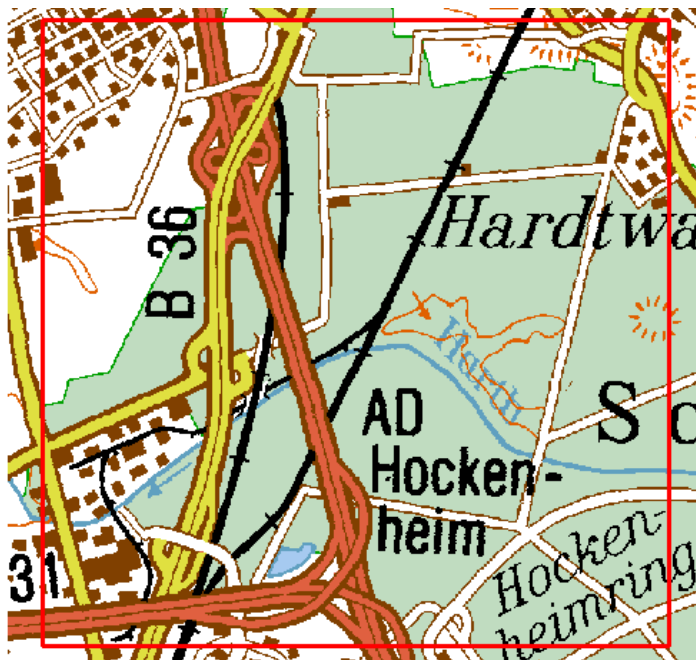


Bild 3-1: Untersuchungsgebiet im Bereich Hockenheim/Ketsch; Kartenhintergrund: UK500

Vorgehensweise

Zunächst wurden die Rohdaten für das 1m-Grid und das 5m-Grid bearbeitet. Dazu werden die einzelnen Dateien

- zuerst editiert
- anschließend zusammenfügt
- und eine Überschriftenzeile (x,y,z) wird eingefügt
- in ArcView können jetzt die Dateien als Tabelle hinzugefügt werden
- und schließlich in ein Grid umgewandelt werden

In einer zweiten Bearbeitung wurden die Bruchkanten mit eingerechnet. Als Bruchkanten wurden die Daten für ein 2km² großes Teilgebiet verwendet. Dies erfolgte mit Hilfe der Erstellung eines TIN:

- einlesen der Bruchkanten in ArcView mit dem Skript asctoshp.ave -> Polylinien-Shape
- anschließend erstellen eines TIN aus Polylinien-Shape und 5m-Punkte-Datei; dabei werden die Linien als harte Bruchkanten und die Punkte als Massepunkte eingerechnet

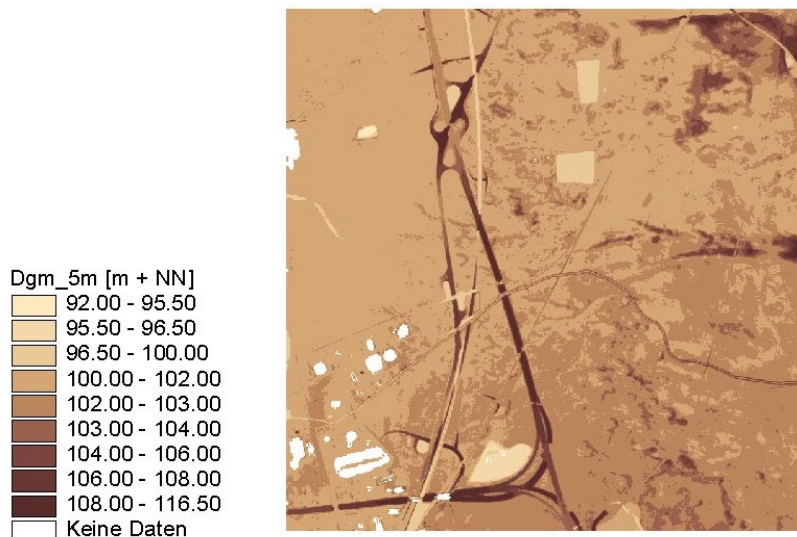


Bild 3-2: DGM mit einer 5m Auflösung im Bereich Hockenheim/Ketsch, in ArcView erstellt

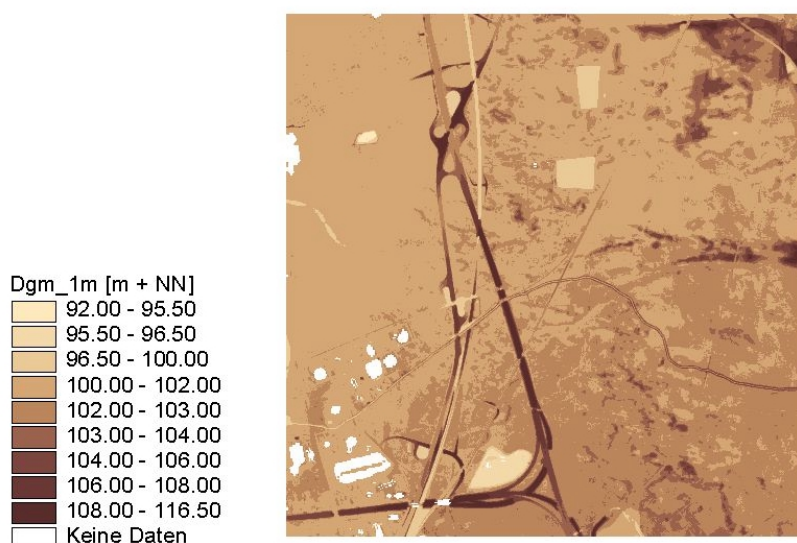


Bild 3-3: DGM mit einer 1m Auflösung im Bereich Hockenheim/Ketsch, in ArcView erstellt

3.1.2 Schema

In einem Schema (Flußdiagramm) werden die einzelnen Bearbeitungsschritte dargestellt. Die vorhandenen ASCII-Dateien wurden in ArcView eingelesen und in ein Grid umgewandelt.

Zusätzlich lagen noch zwei Dateien mit Bruchkanteninformationen vor. Diese wurden mit dem Skript `asc Toshp.ave` in ArcView eingelesen. Aus dem daraus entstandenen Linienshape und der entsprechenden 5m-Raster Datei wurde ein TIN erstellt.

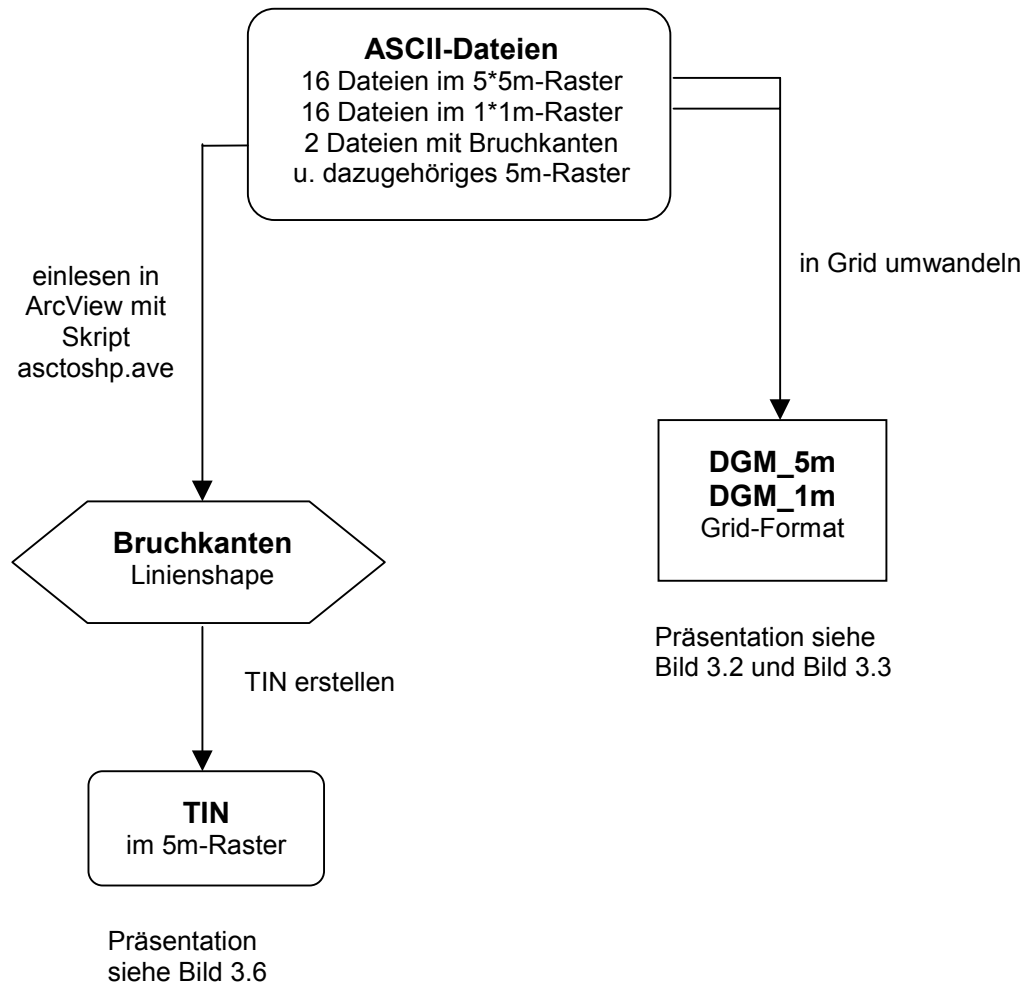


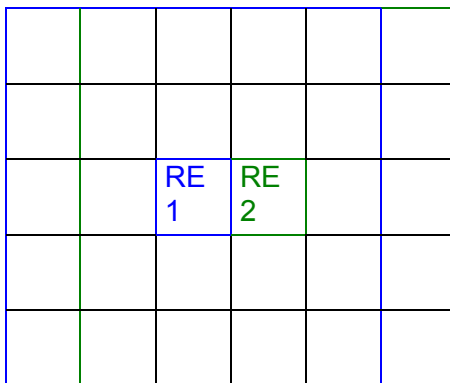
Bild 3-4: Flussdiagramm zur Darstellung der einzelnen Bearbeitungsschritte

3.1.3 Vergleich 1m -/ 5m-Raster

Das Landesvermessungsamt Baden-Württemberg berechnet aus der klassifizierten Punktwolke der Laserscanbefliegung ein 1*1m-Raster. Um ein 5m-Raster zu erstellen, wird aus dem 1m-Raster jeder fünfte Punkt entnommen.

Lücken im Geländemodell

Durch Herausfiltern von Gebäuden und Vegetation entstehen informationslose Bereiche. Das DGM wird beim Landesvermessungsamt mit dem Programm Scop berechnet. Scop verwendet zur Berechnung Recheneinheiten (RE). Eine RE ist im vorliegenden Testgebiet eine 10m*10m große Fläche.



Hat eine Recheneinheit (RE) weniger als drei Punkte, dann sucht sie in den umliegenden acht RE nach Punkten. Sind dort auch nicht genügend Punkte, dann sucht sie weiter in den umliegenden 16 RE nach Punkten. Sind dort auch wieder nicht genügend Punkte, dann wird die zentrale RE (im Beispiel links RE 1) mit einer 10m*10m großen Lücke belegt. Sind mehr als drei Punkte vorhanden, dann kann das Programm Rasterpunkte berechnen. So erhält man in manchen bebauten Gebieten Höheninformationen oft nicht von allen Gebäuden.

Brücken

Brücken werden vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg interaktiv aus dem Geländemodell herausgenommen, da diese nicht zur Geländeoberfläche gehören. Dieser informationslose Bereich wird durch das Programm Scop, wie oben beschrieben, geschlossen. Dadurch entstehen Verwischungen (s. Bild 3.5), denn Scop verbindet Punkte, die auf der oberen Böschungskante liegen mit Punkten am Böschungsfuß. Würden Brücken nicht aus dem Geländemodell herausgenommen, dann würde von der Brücke bis auf die darunter liegende Straße eine Wand berechnet.

Gewässer

Fehlerhafte Messwerte auf Gewässern sind zu erwarten, da nicht sicher ist, wo der Laserstrahl reflektiert.

3.1.4 Vergleich mit / ohne Bruchkanten

Für den nordwestlichen Bereich des Testgebietes wurden auch Bruchkanten vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg geliefert.

Bruchkanten kennzeichnen den Verlauf von Böschungskanten, Straßenrändern, Brücken usw.. Sie dienen zur detaillierten Darstellung digitaler Geländemodelle.

Im Geländemodell des Landesvermessungsamtes sind Bruchkanten, z.B. bei Brücken wichtig, um Verwischungen zu vermeiden, da durch sie eine „Grenze“ gesetzt wird (siehe Bild 3.6).

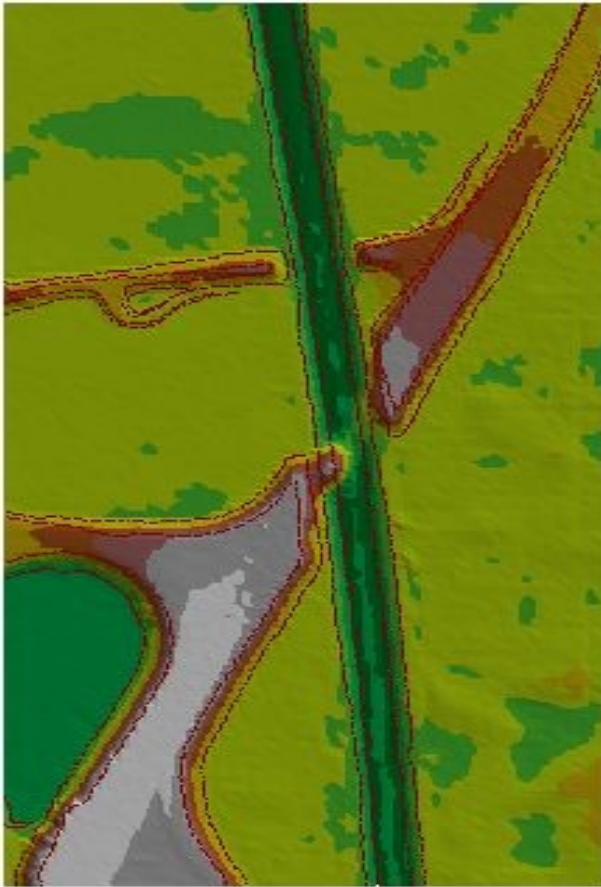


Bild 3-5: ohne Bruchkanten

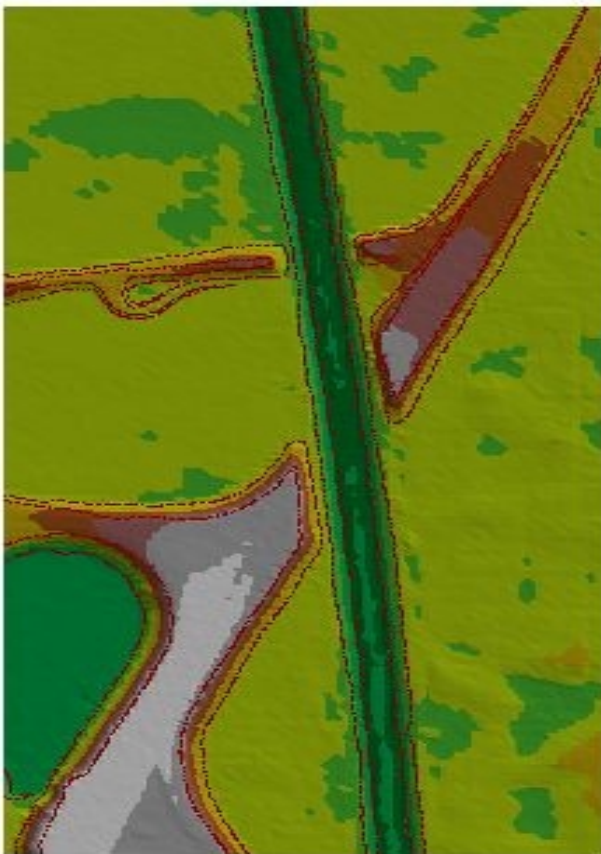


Bild 3-6: mit Bruchkanten

3.1.5 Vergleich TopScan / TopoSys

Befliegungszeitraum:

- TopoSys: Januar 1998
- TopScan: April 2000
- Orthophotos: Juli 1999

Der Vergleich dieser beiden Datensätze ist relativ zu sehen, da keine einnivellierten absoluten Kontrollpunkte vorlagen.

Darüber hinaus müssen die unterschiedlichen Zeitpunkte der Befliegungen beachtet werden. Eine Hilfe für den Vergleich war das Orthophoto, das zeitlich gesehen zwischen den zwei Laserscanbefliegungen liegt.

Für das Differenzraster wurde die Differenz zwischen TopScan und TopoSys gebildet. Die Differenzen liegen im Bereich zwischen -7.57m bis 11.15m , wobei die Abweichung überwiegend (95%) $\pm 0.5\text{m}$ beträgt. Für die Klassifizierung des Differenzrasters wurden sechs Klassen gewählt.

Tabelle 3.3: Häufigkeit der einzelnen Klassen

Klasse	Differenz	Häufigkeit
1	< -1m	0,3 %
2	-1m - -0.5m	1,3 %
3	-0.5m - 0m	44,6 %
4	0m – 0.5m	50,1 %
5	0.5m – 1m	3,3 %
6	> 1m	0,4 %
	Summe	100 %

Tabelle 3.1 verdeutlicht die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Klassen.

Die meisten Unterschiede liegen im Bereich zwischen -0.5m und $+1\text{m}$. Nicht aussagekräftig sind die Unterschiede, die beim Kieswerk in der Nähe von Rheinhausen liegen. Am Ortsrand von Rheinhausen ist ein Neubaugebiet, das zwischen den beiden Befliegungen entstanden ist. Auch hier sind die Unterschiede nicht aussagekräftig.

Größere Unterschiede treten auch im Wald, im Gewässer, im Uferbereich und bei bebauten Gebieten auf. Liegen die Werte auf Gebäuden, liegt eventuell ein Fehler bei der Filterung vor. Differenzen im Vegetationsbereich können auch durch die unterschiedlichen Befliegungszeiten entstehen.

TopScan - TopoSys

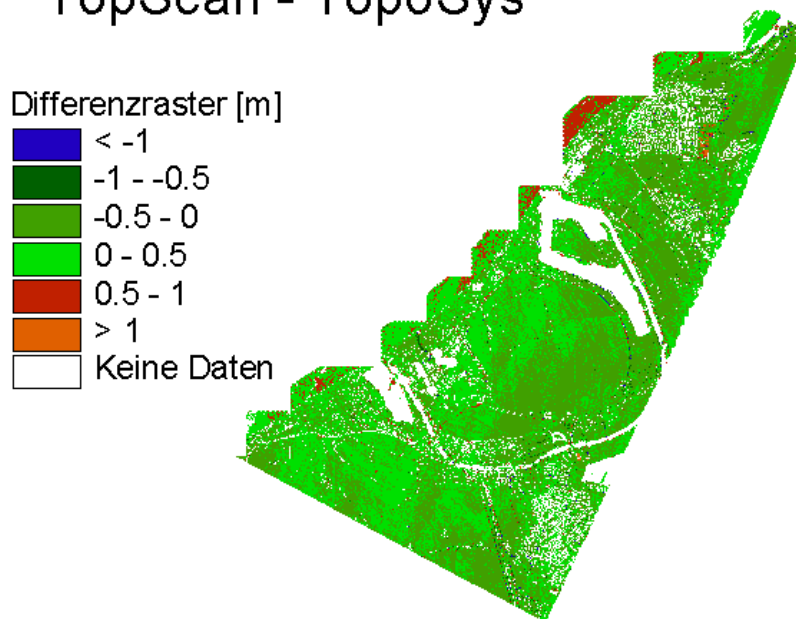


Bild 3-7: Differenzraster aus zwei verschiedenen Laserscanbefliegungen

3.1.6 Probleme

Probleme sind die Lücken in bebauten Gebieten, die sich durch zuziehen, interpolieren oder einer Dreiecksvermaschung schließen lassen.

Problematisch sind auch die Messwerte bei Gewässern. Diese Werte kann man mit Pegelständen bzw. Gewässerlängsprofilen vergleichen, um so plausible Höhen zu erhalten.

3.1.7 Ergebnis

Die Daten vom Landesvermessungsamt im Bereich Hockenheim/Ketsch mit einer Auflösung von 1m und 5m haben keine signifikanten Abweichungen.

Die Daten von der Gewässerdirektion Karlsruhe im Bereich Philippsburg/Rheinhausen mit einer Auflösung von 1m hatten gegenüber den Daten vom Landesvermessungsamt Abweichungen, die zwischen 14m und 64m lagen. Diese abweichenden Werte wurden durch Reklassifizierung herausgenommen.

3.2 GW-Flurabstand

3.2.1 Definition

Unter Flurabstand versteht man den Höhenunterschied zwischen Geländeoberfläche und Grundwasseroberfläche.

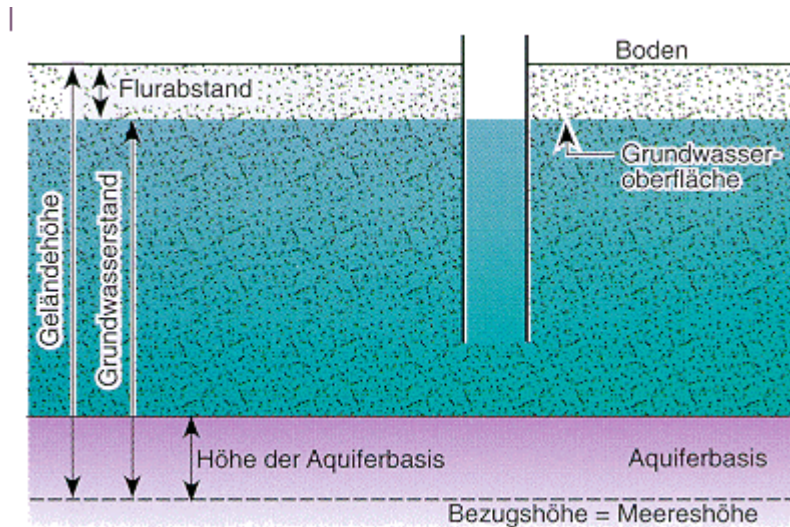


Bild 3-8: Darstellung des Flurabstandes (LfU BW, 1998)

Der Flurabstand ändert sich ständig. Ursachen dafür sind:

- natürliche jahreszeitliche Schwankungen des Grundwasserspiegels
- langfristige Schwankungen der Jahresmittelwerte

Andere Ursachen sind anthropogene Eingriffe in den Grundwasserkörper, wie z.B. Grundwasserentnahme oder Grundwassereinleitungen bei der Nutzung des Grundwassers.

Die Aussagegenauigkeit des Flurabstandes ist von der Qualität des DGM sowie von der Berechnung des Grundwasser-Standes abhängig.

3.2.2 Zielsetzung

Die Bestimmung des Flurabstandes erfolgt durch Messung des Grundwasserstandes an einer Stelle mit bekannter Geländehöhe. Der Flurabstand ist somit immer auf einen bestimmten Grundwasserstand (Datum der Messung) bezogen.

Bisher wurde zur Berechnung des Flurabstandes das DHM Baden-Württemberg im 50m-Raster verwendet. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden die Flurabstandsberechnungen auf Basis der DGM-Daten des Landesvermessungsamtes mit einer Auflösung von 1m durchgeführt.

3.2.3 Datengrundlage

Laserscandaten

Die Daten mit einer Auflösung von 1m aus der Laserscanbefliegung der Firma TopoSys im Januar 1998 wurden von der Gewässerdirektion Karlsruhe zur Verfügung gestellt. Geliefert wurden die Daten im Erdas Imagine-Format.

Vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg lag für dieses Gebiet auch ein Datensatz mit einer Auflösung von 1m vor. Die Laserscanbefliegung erfolgte hier durch die Firma TopScan im April 2000.

Gewässerdaten

Die Grundwasserdaten beziehen sich auf mittlere Grundwasserverhältnisse (Stichtag 20.10.86).

Die Daten wurden vom Fachreferat Grundwasserhydrologische Modelle und Verfahren der LfU als Grid im 50m-Raster zur Verfügung gestellt.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich Philippsburg/Rheinhausen im nördlichen Oberrheingebiet. Das insgesamt 18km² große Gebiet liegt in einem Höhenbereich zwischen 88m ü. NN bis 111m ü. NN.



Bild 3-9: Testgebiet von der Gewässerdirektion Karlsruhe und vom Landesvermessungsamt BW

Vorgehensweise (Daten von der Gewässerdirektion Karlsruhe)

Die Daten wurden bearbeitet, um mit ihnen die erforderliche Berechnung durchführen zu können. Dazu mussten zuerst die Erdas Imagine-Dateien

- in ArcView in Grids umgewandelt werden
- danach konnten die einzelnen Grids mit der Erweiterung Grid Utility v1.1 zu einem Grid zusammengefügt werden
- eine Reklassifizierung des zusammengeführten Grids war notwendig, um die Null-Werte herauszubekommen
- anschließend wurde das reklassifizierte Grid von Zentimeter in Meter mit dem Map Calculator umgerechnet werden: $[\text{reklassifiziertes Grid}]/100.\text{AsGrid.Float}$

Auch die Daten des mittleren Grundwasserstandes mussten bearbeitet werden. Folgende Bearbeitungsschritte führten zu einem Grid im 1m-Raster:

- Interpolation des Grundwasser-Grid zunächst auf 5m
- Umwandlung der Zellengröße des interpolierten Grundwasser-Grid auf 1m mit der Erweiterung Grid Utility v1.1

Mit diesen beiden Grids konnte nun der Grundwasser-Flurabstand berechnet werden (siehe Kapitel 3.2.5).

Folgende Bilder zeigen die Ergebnisse der bearbeiteten Daten. In Bild 3.10 ist das Grid aus den Daten der Gewässerdirektion Karlsruhe zu sehen. Die erkennbaren Lücken entstanden zumeist in bebauten Gebieten und auf Gewässern. In Bild 3.11 ist das Grid aus den Daten des Landesvermessungsamtes zu sehen. Hier erkennt man, dass Lücken nur im Gewässer und beim Kernkraftwerk Philippsburg entstanden sind.

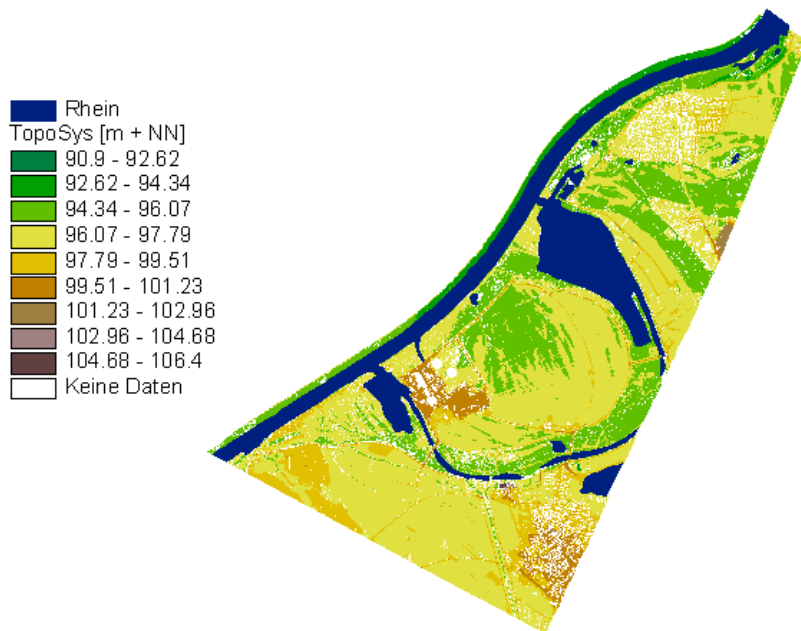


Bild 3-10: DGM (Gewässerdirektion Karlsruhe) mit einer 1m Auflösung

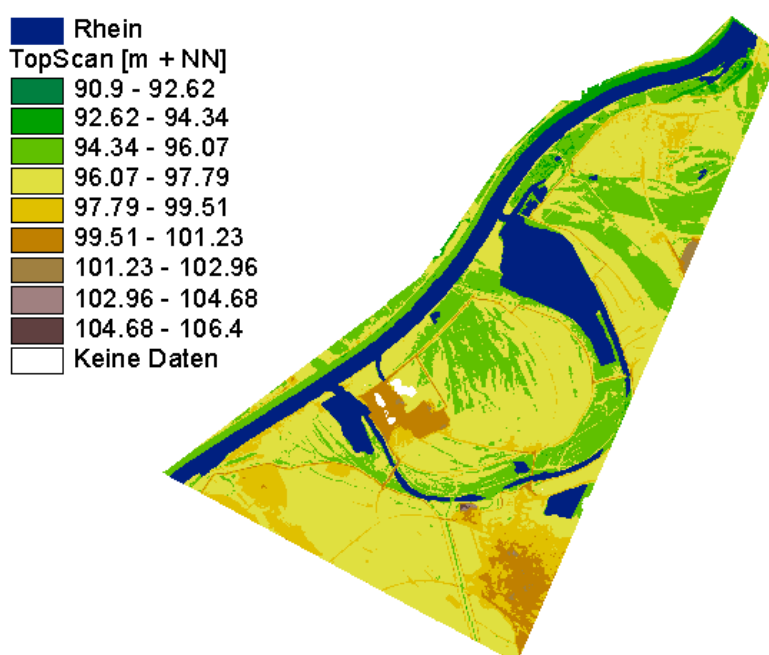


Bild 3-11: DGM (Landesvermessungsamt) mit einer 1m Auflösung

3.2.4 Schema der Vorgehensweise

Im folgenden Schema wird die Bearbeitung der Daten von der Gewässerdirektion Karlsruhe dargestellt.

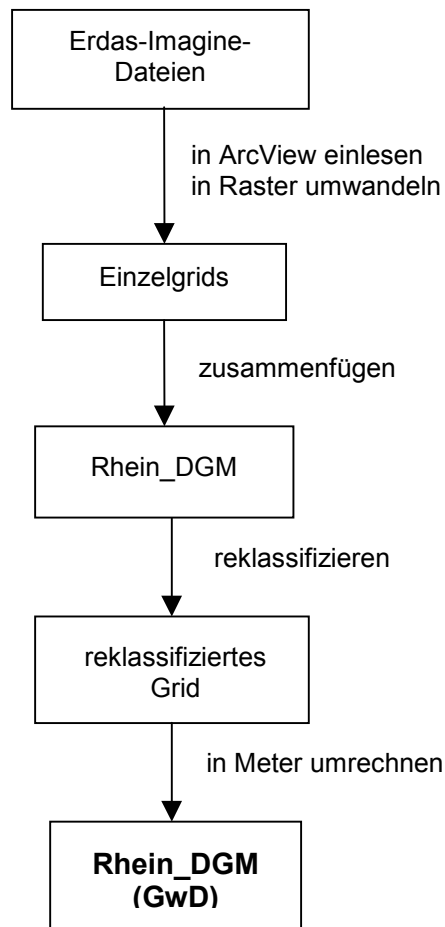


Bild 3-12: Flussdiagramm zur Darstellung der Bearbeitungsschritte der Daten

Die Daten vom Landesvermessungsamt wurden als Tabelle in ArcView hinzugefügt und dann in ein Grid umgewandelt.

3.2.5 Flurabstand berechnen

Nachdem die Daten in geeignete Formate umgewandelt waren, konnte der Flurabstand berechnet werden. Zur Berechnung wurde das DGM-Raster aus den Daten vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg verwendet, da dieses homogener ist. Dazu wurde mit dem Map Calculator die Differenz zwischen DGM und Grundwasserstand ermittelt: $[DGM] - [GW]$

Flurabstand für mittlere GW-Verhältnisse

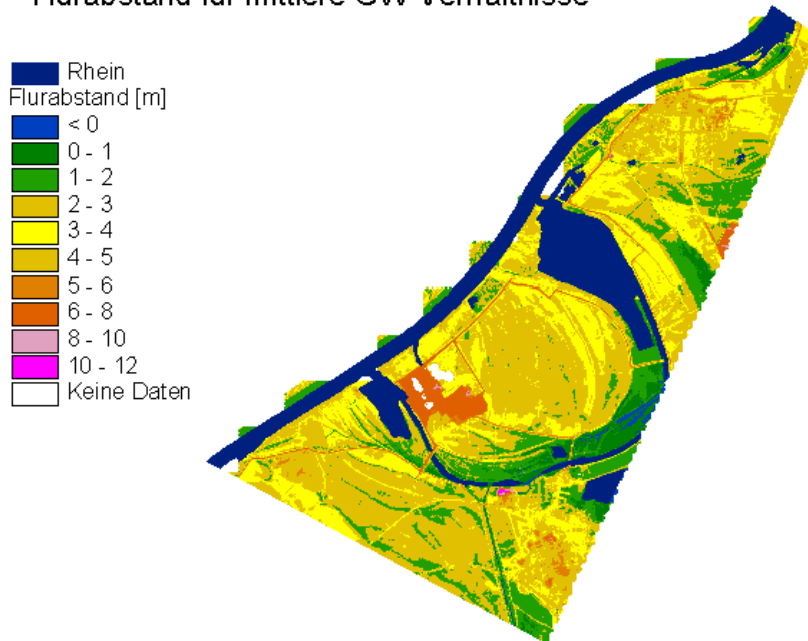


Bild 3-13: Flurabstand für mittlere Grundwasser-Verhältnisse, berechnet aus TopScan-DGM und mittleren Grundwasser-Stand

3.2.6 Klassifikation

Die Berechnung ergab einen Flurabstand bis maximal 11.7m. ArcView erstellt automatisch 9 Klassen, jeweils mit gleich großem Intervall. Mit dem Legendeneditor kann man die Klassifikation und die Farben ändern. Die neue Klassifikation wurde an die Klassifikation des schon bestehenden 50m-Flurabstands angelehnt.

3.2.7 Schema des Differenzrasters

Das folgende Schema zeigt die Berechnungsschritte für das Differenzraster. Zuerst wurden die Daten bearbeitet (Vorgehensweise siehe Kap. 3.2.3). Im nächsten Schritt konnte der Flurabstand berechnet werden.

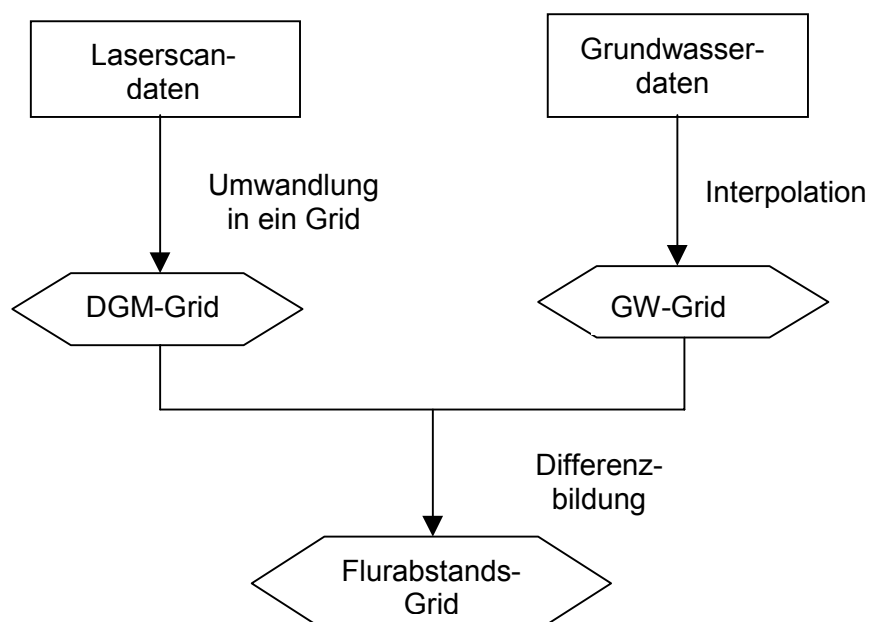


Bild 3-14: Flussdiagramm zur Darstellung der Flurabstandsberechnung

3.2.8 Flurabstandsberechnungen im Vergleich

Die Flurabstandsberechnung auf Basis des DGM in einer 1m Auflösung wurde mit der Berechnung auf Basis des DHM in einer 50m Auflösung verglichen. Daraus konnte man erkennen, dass bei beiden die Tendenzen gleich sind.

Flurabstand für mittlere GW-Verhältnisse mit einer 50m Auflösung

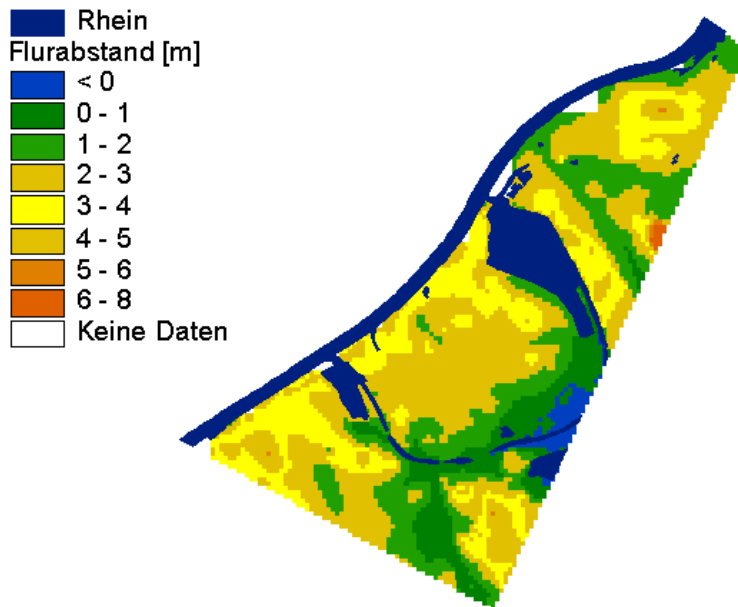


Bild 3-15: Flurabstand mit einer 50m Auflösung

In folgender Tabelle wurden die Flächenanteile der einzelnen Klassen berechnet und miteinander verglichen. Dabei ist zu erkennen, dass bei beiden Flurabständen flächenmäßig größte Anteil im Bereich zwischen 1m bis 4m liegt. Beim 1m-Grid sind das insgesamt 78 %, beim 50m-Grid sind das insgesamt 73 %. Im Bereich <1m liegt beim 1m-Grid der Flächenanteil bei 6,2 % und beim 50m-Grid liegt der Flächenanteil bei 12,5 %. Im Bereich >4m liegt der Flächenanteil beim 1m-Grid bei 15,8 % und beim 50m-Grid bei 4,9 %.

Tabelle 3.4: Häufigkeiten der Flurabstände mit 1m und 50m Auflösung im Vergleich

Klasse	Bereich	Flächenanteil 1m-Grid	Flächenanteil 50m-Grid
1	< 0m	1,6 %	2,1 %
2	0m – 1m	4,6 %	10,4 %
3	1m – 2m	19,6 %	24,2 %
4	2m – 3m	36 %	39,1 %
5	3m – 4m	22,3 %	19,3 %
6	4m – 5m	11,4 %	4,5 %
7	5m – 6m	1,9 %	0,2 %
8	6m – 8m	2,5 %	0,2 %
9	8m – 10m	0,07 %	-
10	10m – 12m	0,03 %	-
	Summe	100 %	100 %

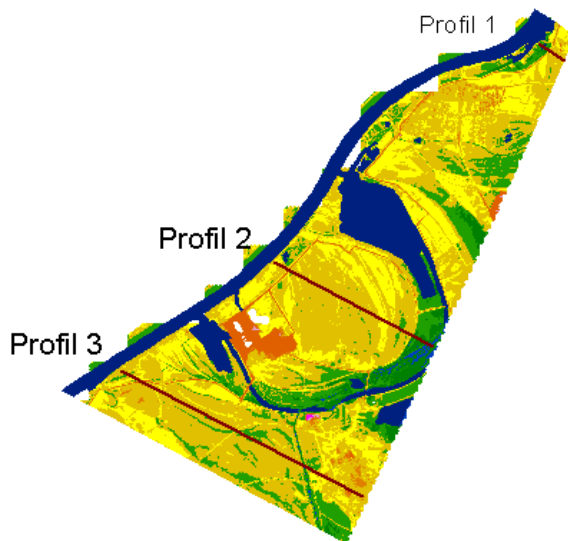


Bild 3-16: Profilübersicht

In den nachfolgenden Querprofilen sind die Profile 1-3 auf Basis des DGM in einer 1m Auflösung, auf Basis des DHM in einer 50m Auflösung und den mittleren Grundwasserverhältnissen aus obiger Übersicht gegenübergestellt.

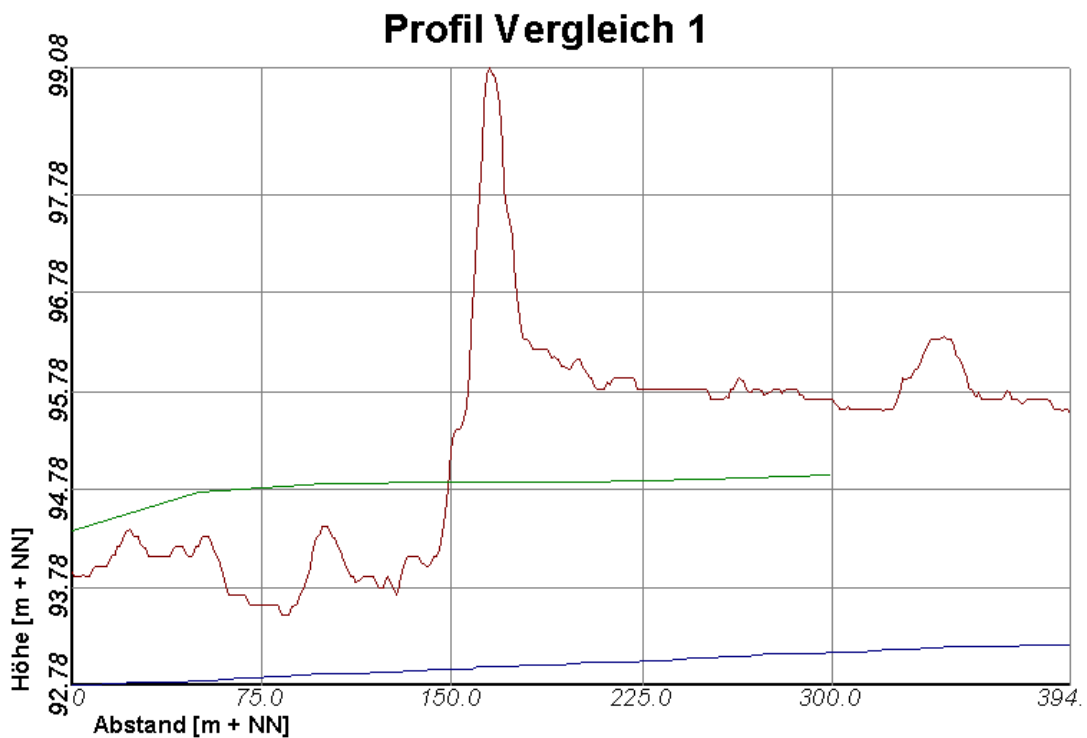


Bild 3-17: Profil 1: Vergleich Flurabstand 1m (braun) - 50m (grün); Mittlere GW-Verhältnisse (blau)

Größere Abweichungen sind bei Dämmen und Straßen zu erkennen. Im einzelnen ist auch der Verlauf des Geländes detaillierter. Feine Strukturen, wie in diesem Beispiel die Dammkrone, werden in der groben Rasterung nicht sichtbar.

Profil Vergleich 2

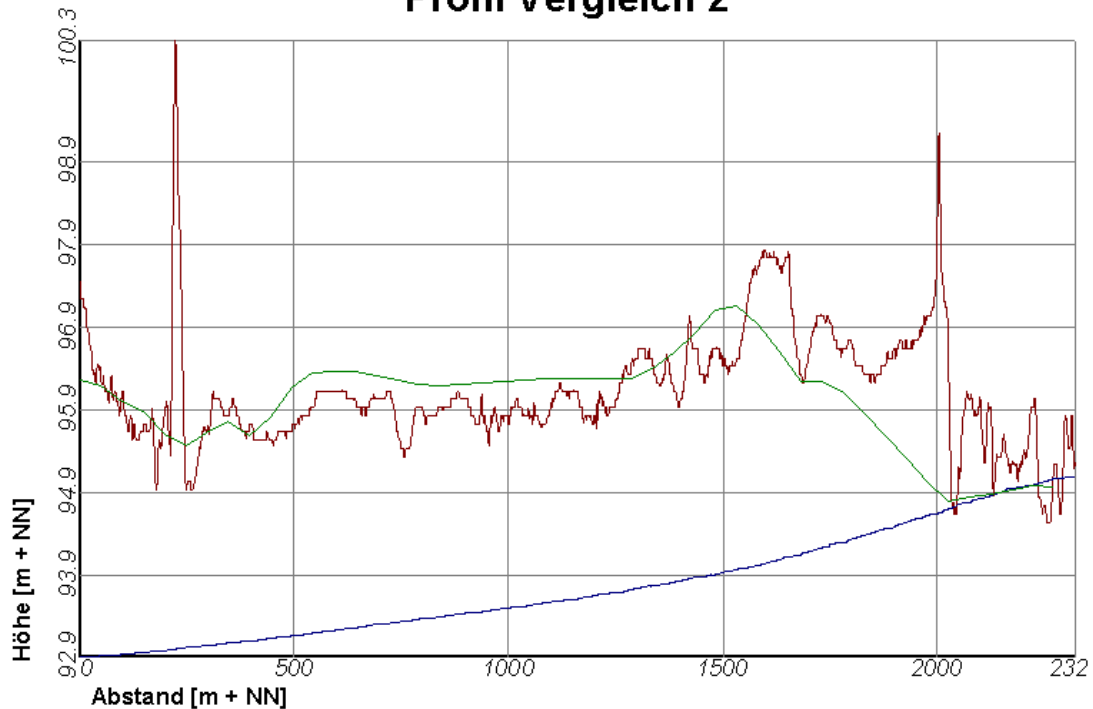


Bild 3-18: Profil 2: Vergleich Flurabstand 1m (braun) - 50m (grün); mittlere GW-Verhältnisse (blau)

Nach Vergleich mit der Topographischen Karte im Maßstab 1:25000 (TK25) erkennt man bei diesem Profil zwei Dämme. Zwischen diesen Dämmen befindet sich die Rheinschanzinsel. Nach dem rechten Damm ist das Gelände niedriger. Feine Strukturelemente, wie im Beispiel die Dammkronen, werden nur im 1m-Raster sichtbar. Wenn der Flurabstand fällt oder ansteigt, so ist dies in beiden Rastern zu erkennen.

Profil Vergleich 3

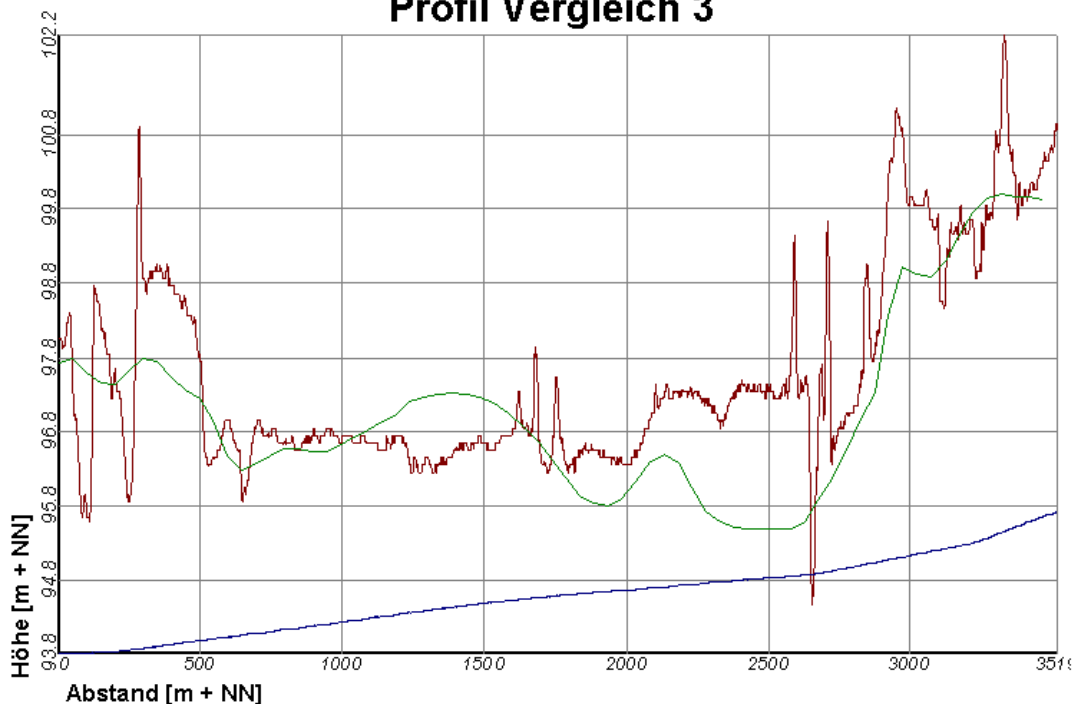


Bild 3-19: Profil 3: Vergleich Flurabstand 1m (braun) - 50m (grün); GW-Verhältnisse (blau)

Auch in diesem Profil werden erst bei den Strukturelementen Unterschiede deutlich, was vor allem bei Dämmen der Fall ist. In diesem Beispiel geht der Flurabstand unter null Meter; an dieser Stelle verläuft ein Bach.

3.2.9 Probleme

Die Daten von der Gewässerdirektion Karlsruhe waren z.T. fehlerhaft. Es gab sowohl zu große Abweichungen der Werte nach oben und unten. Dies konnte durch Vergleich mit der TK25 festgestellt werden. Vermutlich lag bei diesen Werten ein Messfehler vor. Außerdem hatte der Datensatz auch zu viele Lücken und war für eine Flurabstandsberechnung nicht gut geeignet. Gerade in bebauten Gebieten ist die Größe des Flurabstandes interessant. Da von diesem Gebiet ebenfalls Daten vom Landesvermessungsamt vorlagen und da diese homogener waren, Lücken gibt es hier nur im Gewässer und beim Kernkraftwerk Philippsburg, wurden diese Daten zur Berechnung verwendet.

3.2.10 Ergebnis

Insgesamt reicht der Flurabstand (Stichtag 20.10.86) maximal bis 11.7m. Folgende Tabelle stellt die Flurabstände in den einzelnen Bereichen dar.

Tabelle 3.5: Flurabstände in verschiedenen Gebieten

Gebiet	Flurabstand
sumpfige Gebiete	< 0m
Wald	0m – 2m
Weide, Feld	1m – 4m
bebaute Gebiete	3m – 6m
Dämme	5m – 8m
Kernkraftwerk	6m – 8m
Garnisionsmühle, z.T. Kernkraftwerk	8m – 12m

Berechnet man die Flächenanteile der Flurabstände in den einzelnen Klassen, dann erkennt man dass der Flurabstand zu 95 % in einem Bereich zwischen -0.5m bis +0.5m liegt.

Vergleicht man die Flurabstände im 1m-Grid und 50m-Grid miteinander, so stellt man fest, dass bis zu ca. 78 % bei beiden Grids der Flurabstand in einem Bereich zwischen 1m bis 4m liegt.

3.3 3D Darstellung

3.3.1 Zielsetzung

In diesem Teil soll das Gelände für Planungsfragen in der Landschaft dreidimensional dargestellt werden.

In einer 2,5D Darstellung erhält man durch eine Schummerung einen ersten plastischen Eindruck. Diese Schummerung wird mit Höhenlinien überlagert, um den plastischen Eindruck zu verstärken.

Für die 3D Darstellung wird das DOM mit einem Orthophoto und Fachthemen überlagert.

3.3.2 Datengrundlage

Laserscandaten

Die Daten mit einer Auflösung von 1m aus der Laserscanbefliegung der Firma TopoSys wurden von der Gewässerdirektion Riedlingen zur Verfügung gestellt. Geliefert wurden zwei Datensätze im ArcView Grid-Format:

- Geländeoberfläche ohne Vegetation und Bebauung
- Geländeoberfläche mit Vegetation und Bebauung

Die Daten sind in cm angegeben und um 500m reduziert.

Gewässerdaten

- Fließgewässer als Fläche aus dem DLM25 im Maßstab 1:10000
- Fließgewässer als Linie im Maßstab 1:10000

Testgebiet

Aufgrund der Datenmenge wurde ein ca. 4*4 km großes Gebiet für die 2,5D und 3D

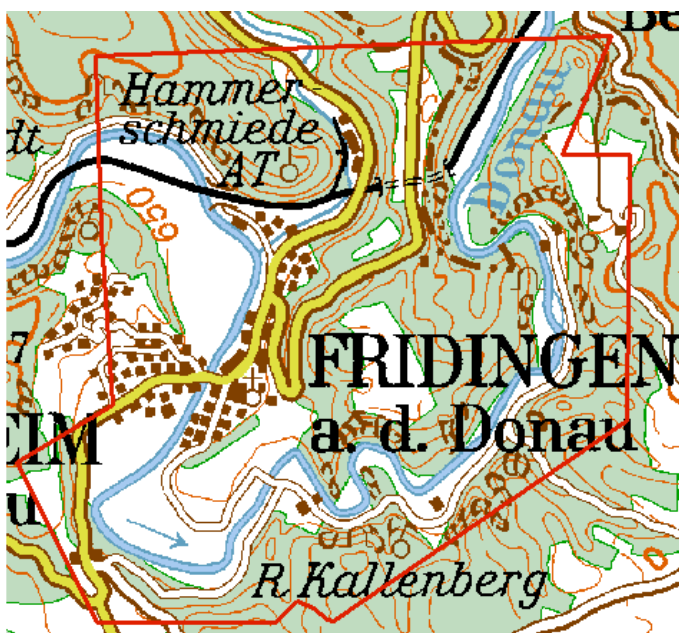


Bild 3-20: Testgebiet von der Gewässerdirektion Riedlingen im Bereich Fridingen a.d. Donau, Hintergrundkarte ist die UK500

Darstellung gewählt. Das Untersuchungsgebiet liegt im Umkreis von Fridingen a. d. Donau. Das insgesamt 16km² große Gebiet liegt in einem Höhenbereich zwischen 569m ü. NN bis 848m ü. NN.

Vorgehensweise

Die Daten mussten für die 3D Darstellung bearbeitet werden. Dazu waren folgende Schritte notwendig:

- ausschneiden der Originalgrids mit dem Skript grid_cliptopoly.ave
- ausschneiden der Gewässershapes mit der Erweiterung Geoverarbeitung
- umwandeln der Grids in Punkteshapes mit dem Skript grid2pt.ave
- Verbesserung der Thementabelle
- selektieren der Nullwerte und löschen in der Tabelle
- selektieren der Punkte im Gewässer über eine Themenanalyse und löschen der selektierten Werte (wegen fehlerhaften Messwerte im Gewässer)

In einen weiteren Bearbeitungsteil wurde ein TIN erstellt; danach wurden die einzelnen TINs in Grids umgewandelt und in Meter umgerechnet:

- erstellen eines TIN aus den drei Datenquellen: Punkteshape, Fließgewässer Fläche und Fließgewässer Linie, dabei werden die Fließgewässer als harte Bruchkanten eingerechnet und die Punkte als Massepunkte
- umwandeln der einzelnen TIN in Grid
- zusammenfügen der einzelnen Grid
- umrechnen der Werte von Zentimeter in Meter: Grid/100+500

(siehe Schema Kap. 3.3.6)

Digitales Oberflächenmodell

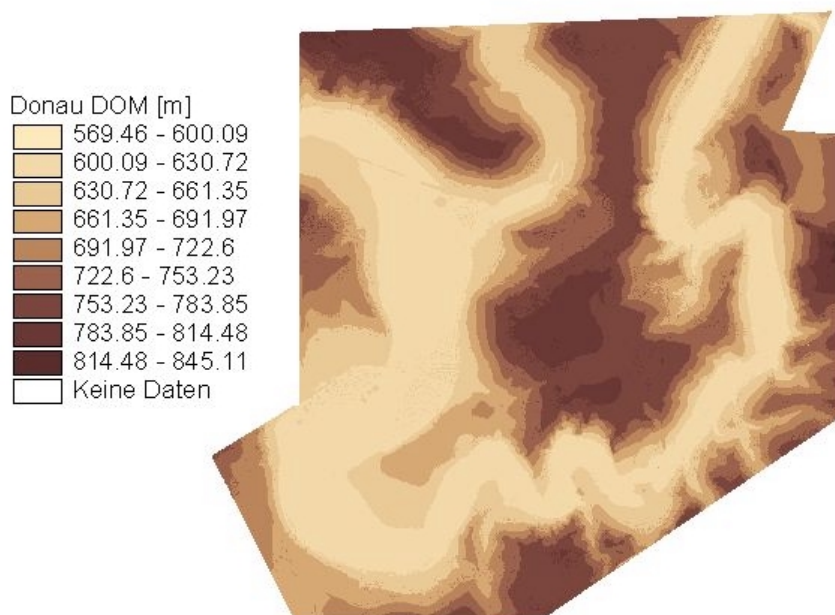


Bild 3-21: Digitales Oberflächenmodell mit einer Auflösung von 1m

3.3.3 Fachthemen

Für die 3D Darstellung wurden verschiedene Fachthemen mit dem Digitalen Oberflächenmodell kombiniert. Die Fachthemen sind Biotope, Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Naturparke, FFH-Gebiete, Orthophoto und Gebäude aus der ALK. Im folgenden werden diese Fachthemen erläutert.

Biotop

bio-topos (griechisch) bedeutet Lebens-Raum

Ein Biotop ist ein Ausschnitt der Landschaft, der sich vegetationstypologisch oder landschaftsökologisch von der Umgebung abgrenzen läßt. Ein Biotop ist jedoch nicht gleichzusetzen mit einem Landschaftsteil, der aus naturschutzfachlicher Sicht besonders wertvoll oder schutzwürdig ist.

Naturschutzgebiet (NSG)

Gebiete, in denen ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft aus wissenschaftlichen, naturgeschichtlichen, landeskundlichen oder Gründen zur Erhaltung von Lebensgemeinschaften oder Biotopen bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten notwendig ist, werden als Naturschutzgebiete gesichert. Nach §21 NatSchG können Naturschutzgebiete auch wegen der Seltenheit, besonderen Eigenart oder hervorragenden Schönheit von Natur und Landschaft ausgewiesen werden. So sollen die wertvollsten und wichtigsten Biotope eines Naturraums erhalten werden. Insbesondere die gefährdeten Tier- und Pflanzenarten finden in Schutzgebieten Rückzugsräume für eine möglichst ungestörte Entwicklung. Die Zuständigkeit für die Ausweisung liegt bei den höheren Naturschutzbehörden. Diese weisen Naturschutzgebiete per Rechtsverordnung aus. (UDK)

Landschaftsschutzgebiet (LSG)

Landschaftsschutzgebiete werden nach §22 NatSchG zur Erhaltung der natürlichen Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft sowie zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts oder Nutzungsfähigkeit der Naturgüter ausgewiesen. Mit diesem Instrument können auch Gebiete besonderer Bedeutung für die Erholung gesichert sowie Pufferzonen zu Naturschutzgebieten festgelegt werden. Für die Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten per Rechtsverordnung sind die unteren Naturschutzbehörden zuständig. (UDK)

Naturpark

Naturparks (§23 NatSchG) stellen großräumige Gebiete mit besonderer Erholungseignung dar. Sie werden in großräumigen Erholungslandschaften eingerichtet, um die Interessen des Landschafts- und Naturschutzes einerseits und die Erschließung für Erholungssuchende andererseits aufeinander abzustimmen. Der Erhaltung von Arten und Biotopen dienen Naturparks insoweit, als sie Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete sowie Naturdenkmale integrieren können. Die Ausweisung von Naturparks erfolgt durch die höheren Naturschutzbehörden. (UDK)

NATURA 2000

Dargestellt sind verordnete Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie Naturparke. Die NATURA 2000-Gebiete unterteilen sich in potenzielle Gebiete zur Umsetzung der EU-Vogelschutzrichtlinie und potenzielle Gebiete zur Umsetzung der FFH-Richtlinie der EU. Zu jedem potenziellen NATURA 2000-Gebiet gibt es einen Gebietsbogen mit Angaben zu Lage, Größe, Schutzgebietsanteil, etc. Ebenso aufgelistet sind im Gebiet vorkommende Arten und Lebensraumtypen, die nach den EU-Richtlinien zu schützen sind.

FFH: Fauna bedeutet Tierwelt, Flora bedeutet Pflanzenwelt, Habitat bedeutet Lebensraum. (UDK)

Orthophoto

Ein Luftbild bildet die Landschaft zentralperspektivisch ab. Da es keinen einheitlichen Maßstab hat, wird es durch eine Orthogonalprojektion (Luftbildverzerrung) in ein Orthophoto umgewandelt. Damit hat das Orthophoto einen einheitlichen Maßstab und auch die geometrischen Eigenschaften einer Luftbildkarte.

Das verwendete Orthophoto für das Gebiet wurde vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

ALK

Die ALK (**A**utomatisierte **L**iegenschafts**K**arte) wird landesweit als Punkt- und Grundrissdatei eingerichtet.

Die Punktdaten enthält:

- Koordinaten im Gauß-Krüger-Koordinatensystem
- Angaben über Art, Qualität, Herkunft und Abmarkung der Grenzpunkte

Die Grundrissdatei enthält:

- Flurstücke
- politische Grenzen
- Gebäude
- tatsächliche Nutzung
- topographische Objekte
- Texte und Punktnummern zur Beschriftung
- nicht nummerierte Punkte in digitaler Form

Die Grundrissdaten werden flächen-, linien- oder punktförmig geführt.

Die Daten sind durch vermessungstechnische Berechnungen entstanden und bieten damit bestmögliche Genauigkeit und Zuverlässigkeit.

Für die perspektivische Darstellung wurden Gebäude und Flurstücke verwendet. Die Daten wurden mit der Erweiterung Geoverarbeitung auf das Gebiet ausgeschnitten.

3.3.4 Visualisierung der Höhendaten

2,5D Darstellung

Eine 2,5 dimensionale Darstellung ist die grafische Beschreibung der Erdoberfläche durch die Schummerung des Geländes. Eine perspektivische Ansicht ist nicht möglich. Der Schummerungseffekt wird in ArcView durch eine imaginäre Lichtquelle erzielt. Man kann bei der Berechnung der Schummerung den Azimut und Höhenwinkel beliebig angeben.

Für die 2,5D Darstellung wurde die Schummerung mit einem Azimut von 315° und einem Höhenwinkel von 45° berechnet.

Um den plastischen Eindruck zu verstärken wurden noch Höhenlinien mit den Parametern Intervall = 10m und Grundumriss = 0m berechnet.

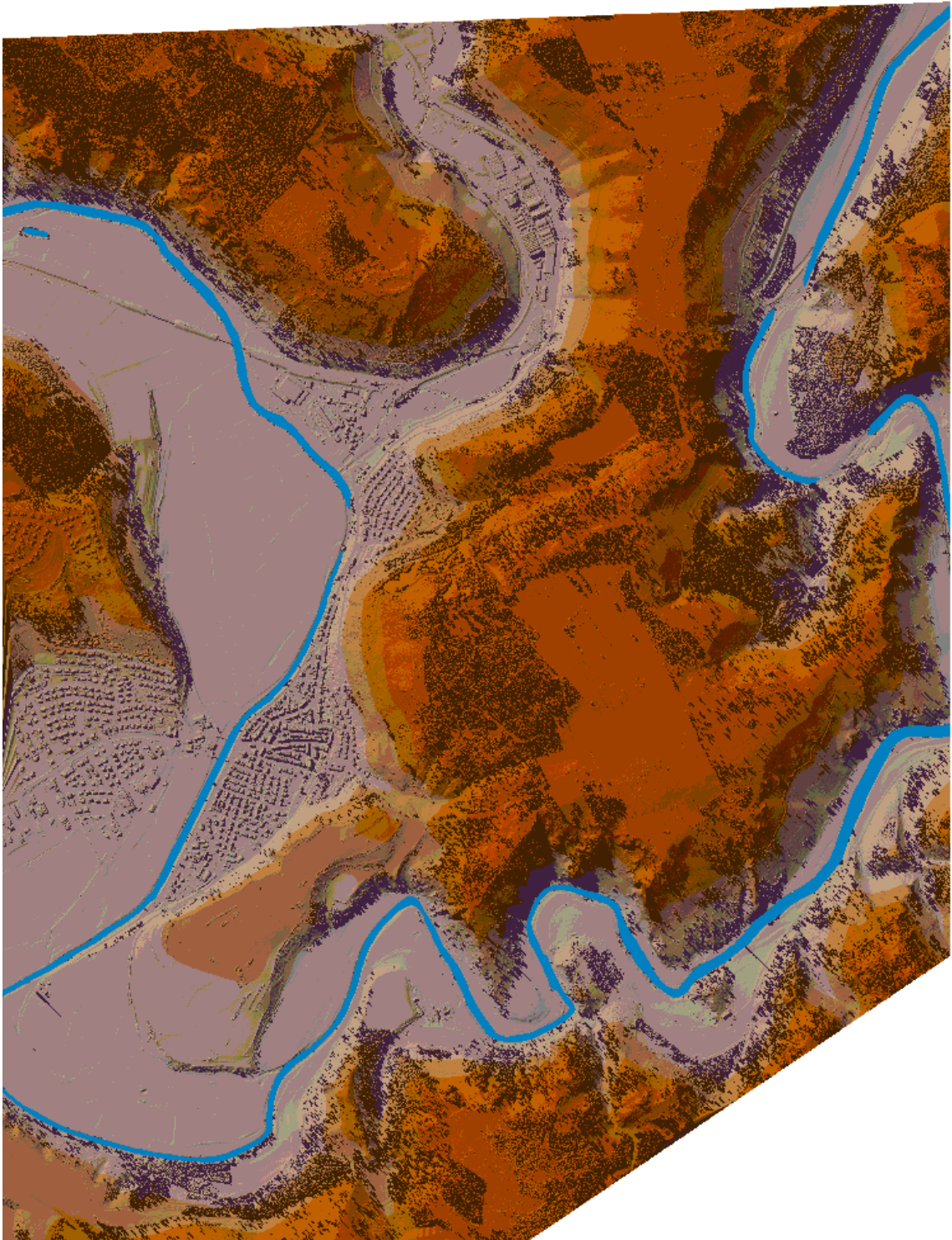


Bild 3-22: Schummerung, berechnet mit den Parametern Azimut = 315° und Höhenwinkel = 45° , kombiniert mit der Donau aus DLM25

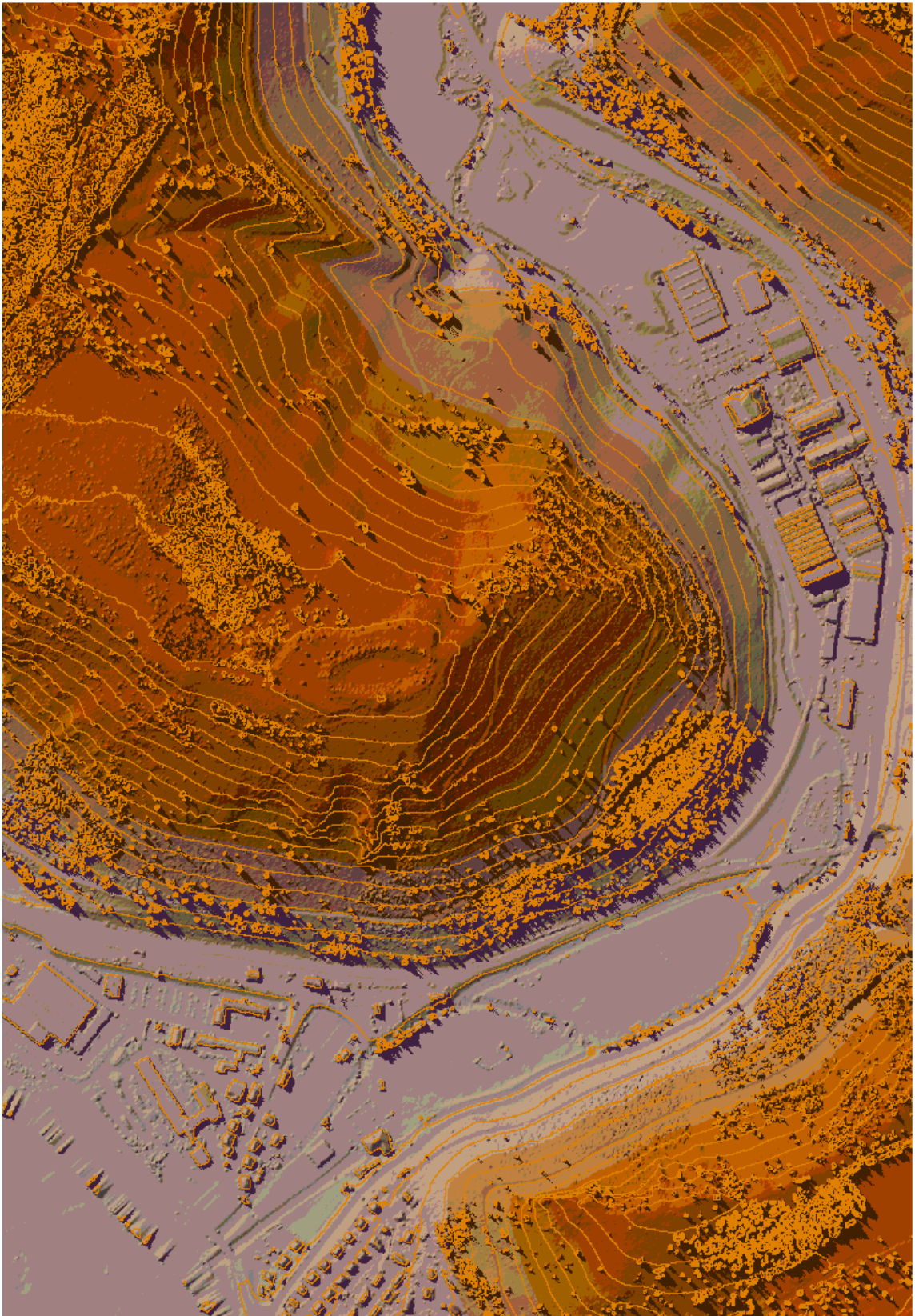


Bild 3-23: Ausschnitt: Schummerung kombiniert mit Höhenlinien, berechnet mit den Parametern Intervall = 10m und Grundumriss = 0m



Bild 3-24: Ausschnitt: Schummerung kombiniert mit Flurstücken aus der ALK

3D Darstellung

Durch eine 3D Darstellung lässt sich die Geländeoberfläche perspektivisch darstellen.

Zur 3D Darstellung wurde ein Orthophoto, die Gebäude aus der ALK, Biotope, FFH, NSG, LSG, Naturparke und als zusätzliche Information die Donau aus dem DLM25 verwendet. Des weiteren wurde aus dem Digitalen Oberflächenmodell ein Gitter (Skript 3dmesh.ave) mit den Parametern Profilabstand 1m und Anzahl der Profile = 100 berechnet.

Nachfolgend verschiedene Beispiele zur 3D Darstellung.

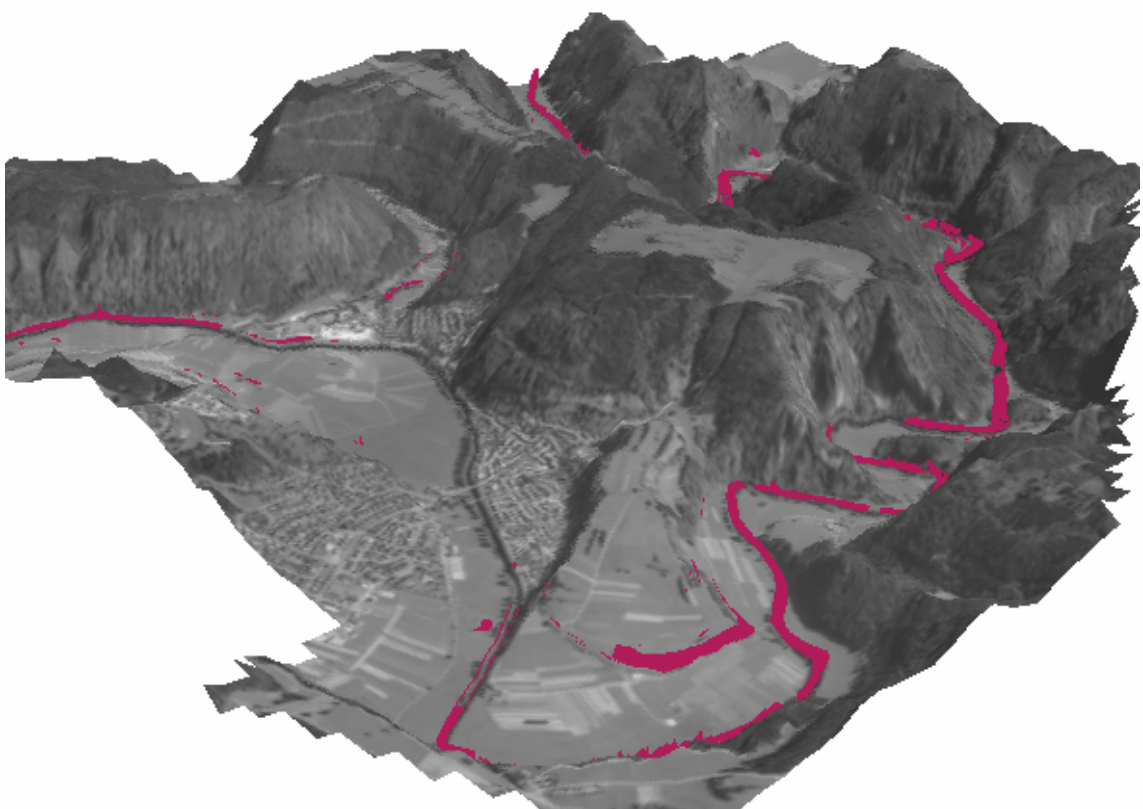


Bild 3-25: 3D Darstellung: Kombination Orthophoto (Quelle: Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) mit Biotopen

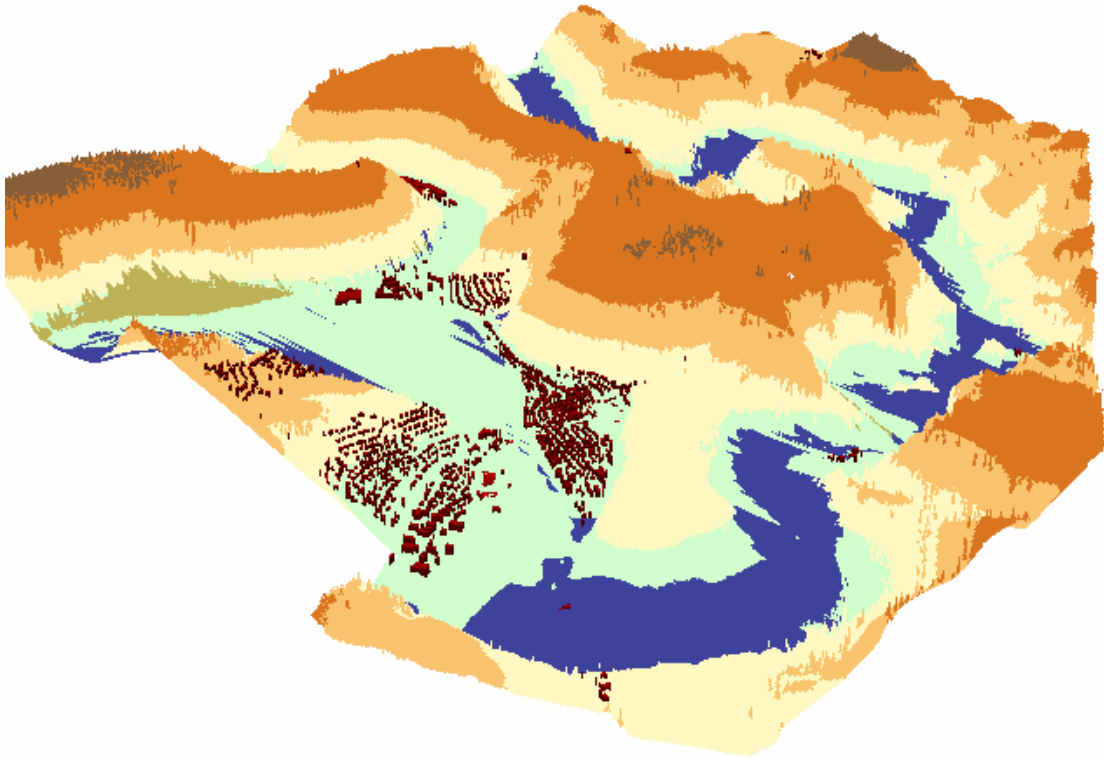


Bild 3-26: 3D Darstellung: Digitales Oberflächenmodell kombiniert mit Gebäuden aus der ALK, NSG und LSG

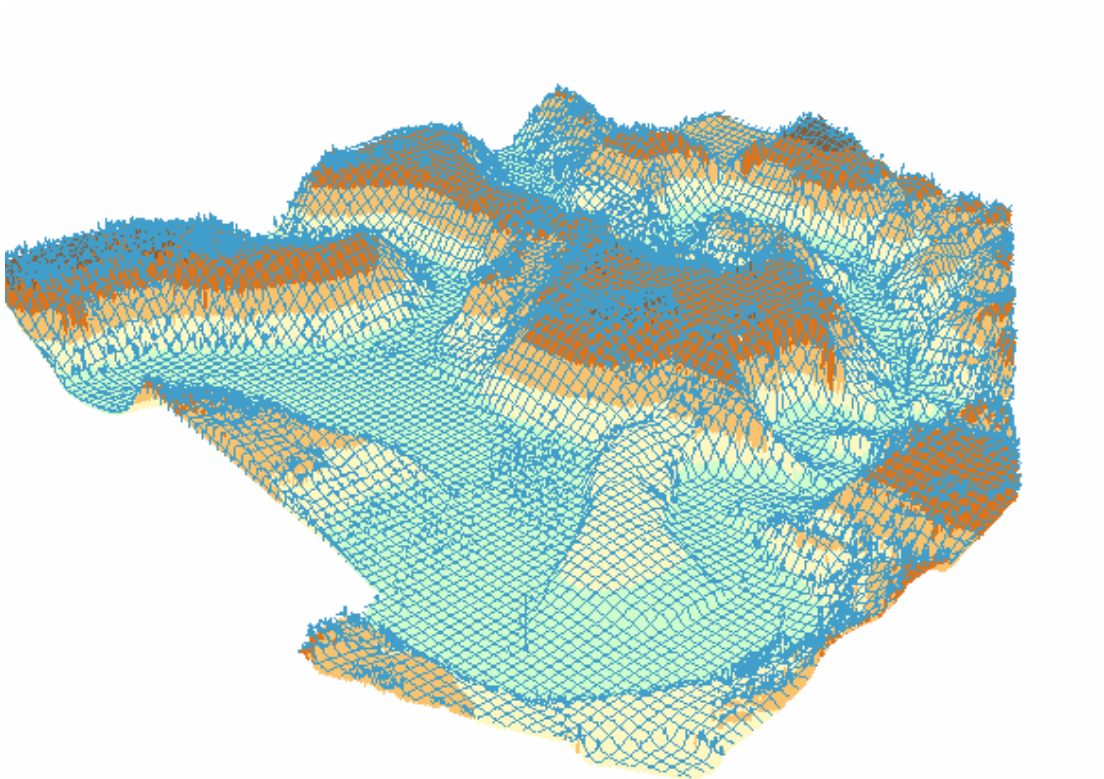


Bild 3-27: 3D Darstellung: Digitales Oberflächenmodell kombiniert mit einem Gitter, das mit den Parametern Profilabstand = 1m und Anzahl der Profile = 100 berechnet wurde

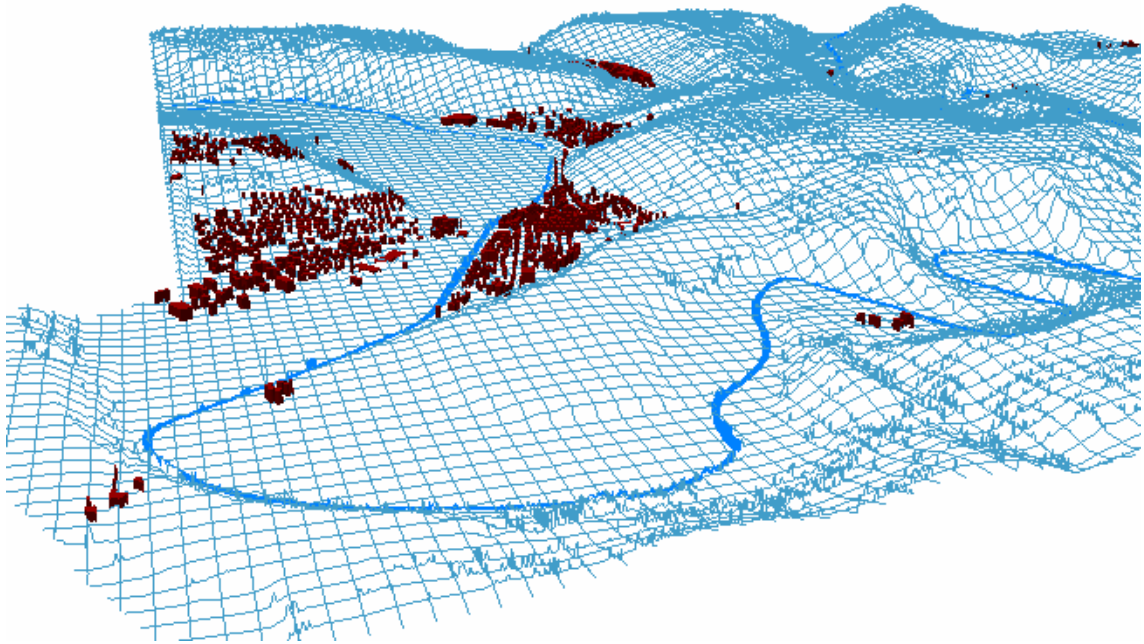


Bild 3-28: 3D Darstellung: Gitter kombiniert mit Gebäuden aus der ALK und der Donau aus dem DLM25

3.3.5 Probleme

ArcView interpoliert die Daten so, dass sich die Messwerte auf die linke untere Ecke einer Zelle beziehen. Um die Messwerte auf die Zellenmitte zu erhalten, kann man das Grid mit der Erweiterung Transform Grid um einen beliebigen Wert verschieben (shift). Dazu gibt man die neuen Koordinaten und die neue Zellengröße an.

Eine andere Möglichkeit ist, dass man ein neues Polygonthema definiert, welches jeweils um eine halbe Zellenbreite größer ist, als das vorgegebene Thema.

Ein weiteres Problem war ein 1m breiter Streifen, der zwischen den einzelnen Grids entstanden ist, aufgrund der oben beschriebenen Problematik. Um diese Lücke zu schließen waren folgende Schritte notwendig:

- Grids mit der Erweiterung Grid zusammenfügen (mosaic)
- Polygonthema für die einzelnen Streifen definieren
- über Thema analysieren; die Punkte aus den Punkteshapes selektieren (Punkteshape überlagert Streifen)
- mit Geoverarbeitung die selektierten Punkte zusammenführen
- diese Punkte in ein Raster umwandeln (Streifen 1-6)
- die einzelnen Grids und das Ergebnisgrid von Kapitel 3.3.2 in Erstellung mit der Erweiterung Grid (mosaic) zusammenfügen

3.3.6 Schema zur Bearbeitung der Daten

Im folgenden Schema werden die einzelnen Bearbeitungsschritte dargestellt. Zunächst müssen die Grids in Punkteshapes umgewandelt werden. Aus diesen Shapes und den Gewässershapes werden TINs erstellt. Diese Tins können dann in Grids umgewandelt und zu ein Grid zusammengefügt werden. Da zwischen den Grids ein 1m breiter Streifen entstand, mussten diese geschlossen werden.

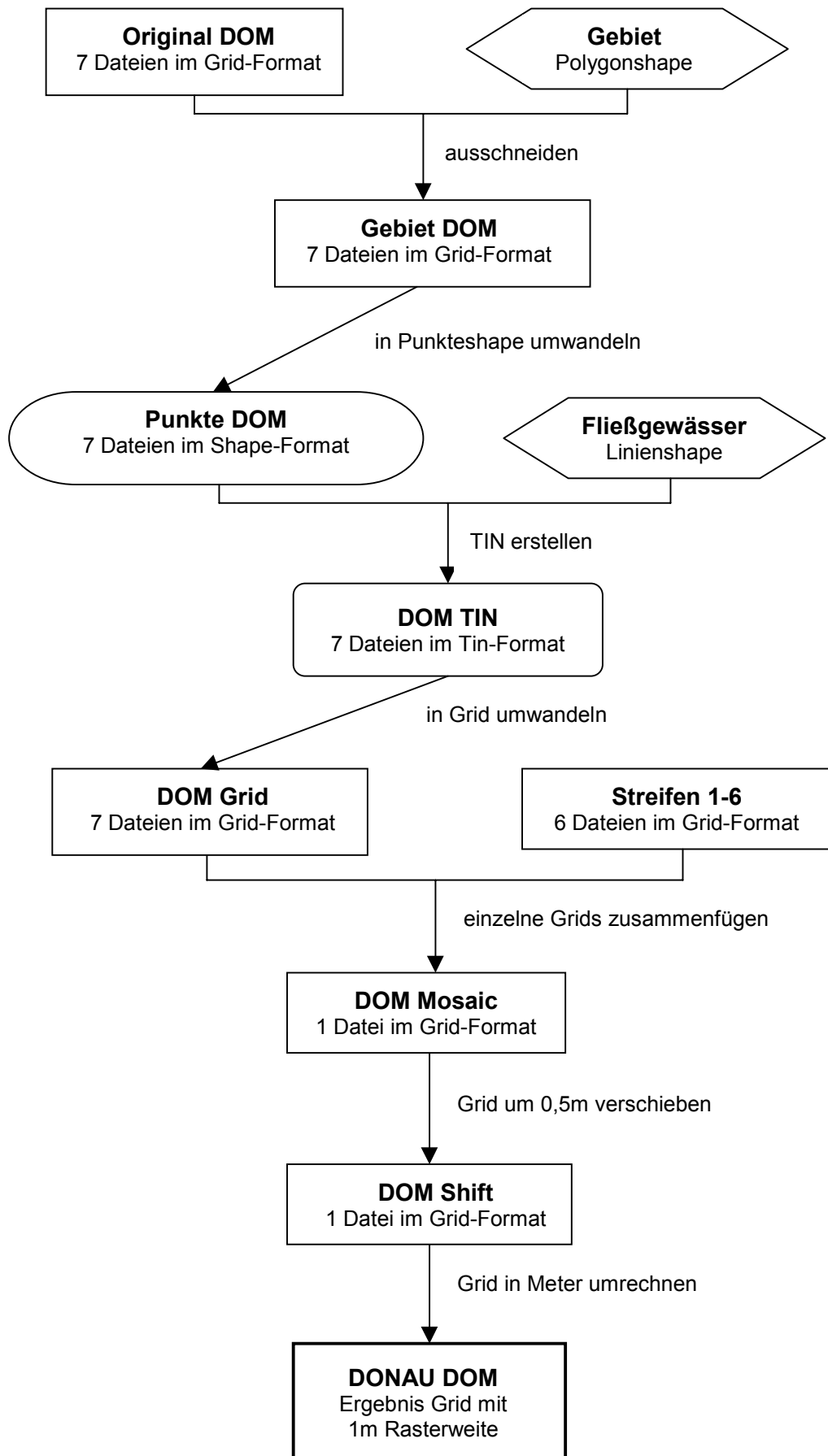


Bild 3-29: Flussdiagramm zur Darstellung der Bearbeitungsschritte

3.3.7 Ergebnis

Viele Planungsfragen für Landschaften lassen sich mit 3D Geländemodellen wesentlich einfacher beantworten. Überlagert man das Geländemodell mit zusätzlichen Informationen, wie z.B. Landschaftsschutzgebieten oder Biotopen, so lässt sich sehr genau erkennen wie die Grenzen von Landschaftsschutzgebieten oder Biotopen in der Landschaft verlaufen.

Durch 3D wird das Gelände anschaulich dargestellt. Zusammenhänge zwischen Fachthemen und der Geländetopographie werden verdeutlicht.

Mit dem 3D Analyst hat man die Möglichkeit, das Gelände zu „bewegen“, man kann die Perspektive verändern, man kann um das Gelände herumfliegen oder man kann das Gelände vergrößern/verkleinern, in dem man zoomt.

3.4 Programmierung

3.4.1 Zielsetzung

Dieser Teil der Diplomarbeit dokumentiert die Entwicklung einer graphischen Benutzeroberfläche in der objektorientierten Programmiersprache Avenue.

3.4.2 Programmablauf

In Bild 3.28 wird der Programmablauf dargestellt. Beim Aufrufen des Programms wird das Avenue Skript `dgm.start.ave` gestartet. Zuerst erscheint auf der Bedienoberfläche ein Dialogfenster, in das man einen Pfad eingeben muss. Dann wird ein leeres View-Fenster geöffnet. Nun kann man die einzelnen Menüs (Hintergrund, Flurabstand, Analyse und 3D) durchführen.

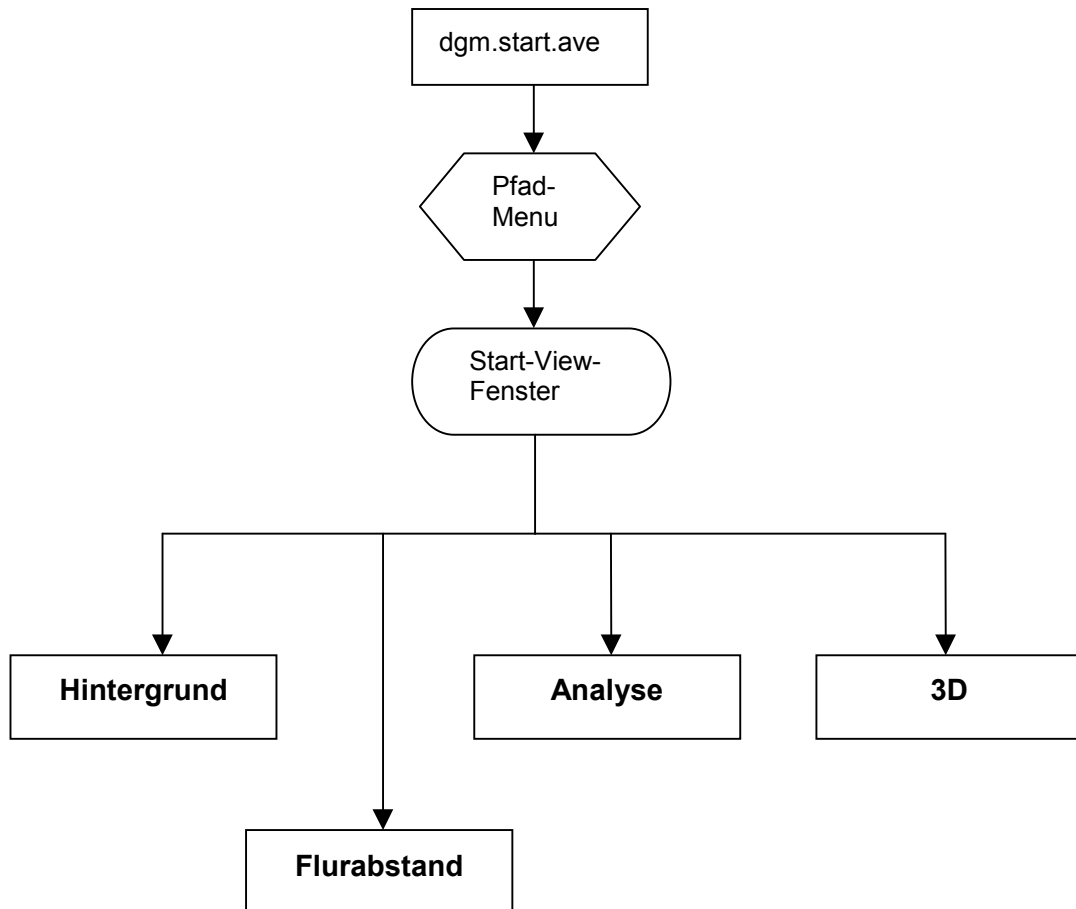


Bild 3-30: Flussdiagramm zur Darstellung des Programmablaufs

Bild 3.31 stellt den Programmablauf des Menüs „Hintergrund“ dar. Man kann sowohl die TK's als auch die Gebietsgrenzen einlesen.

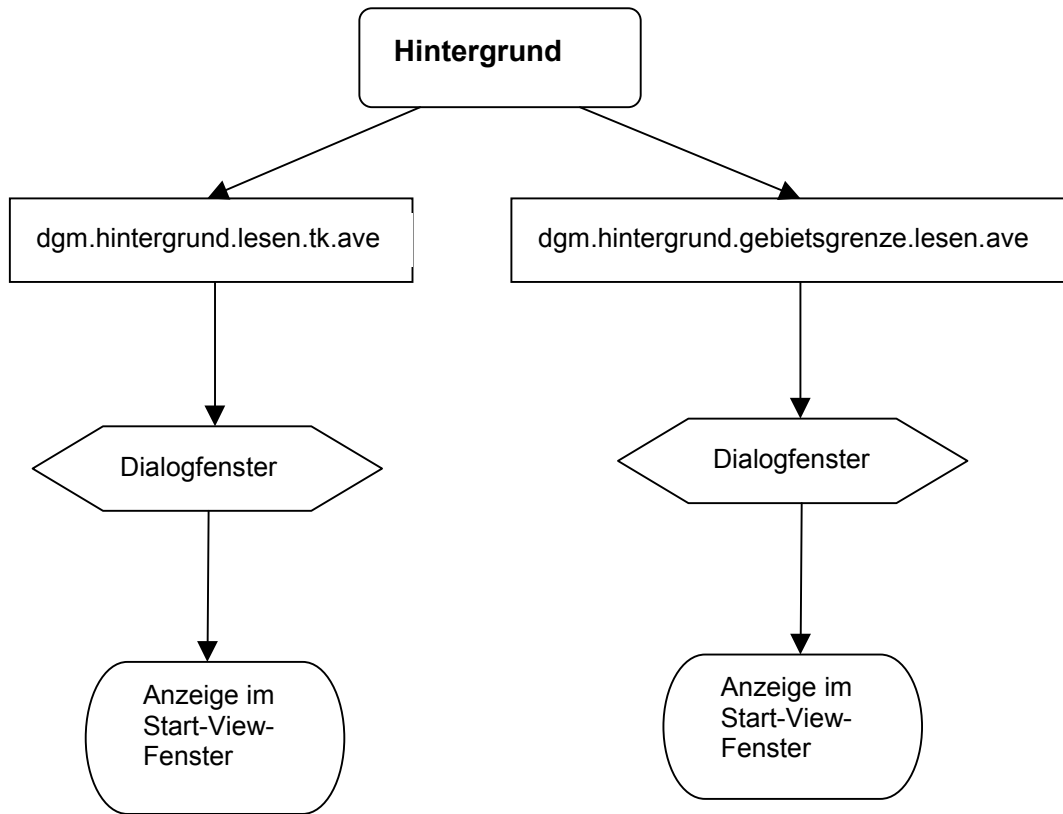


Bild 3-31: Flussdiagramm, um den Ablauf des Menüs Hintergrund darzustellen

Bild 3.32 stellt den Programmablauf des Menüs „Analyse“ dar. Man kann sowohl ein 1m- und 5m-DGM als auch ein TIN mit und ein TIN ohne Bruchkanten einlesen.

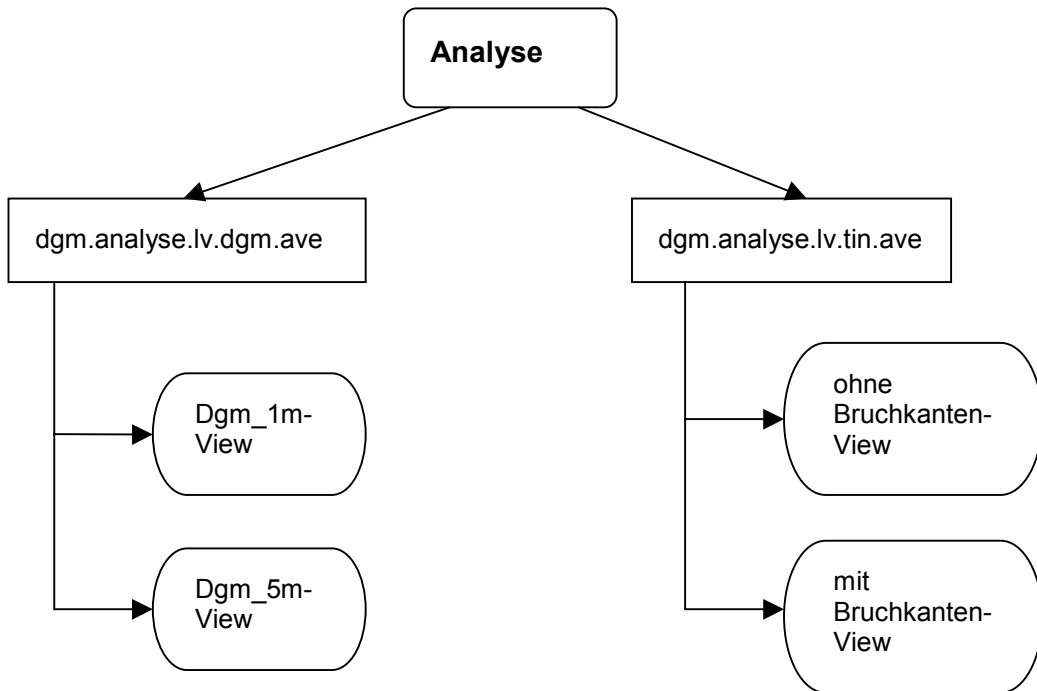


Bild 3-32: Flussdiagramm, um den Ablauf des Menüs Analyse darzustellen

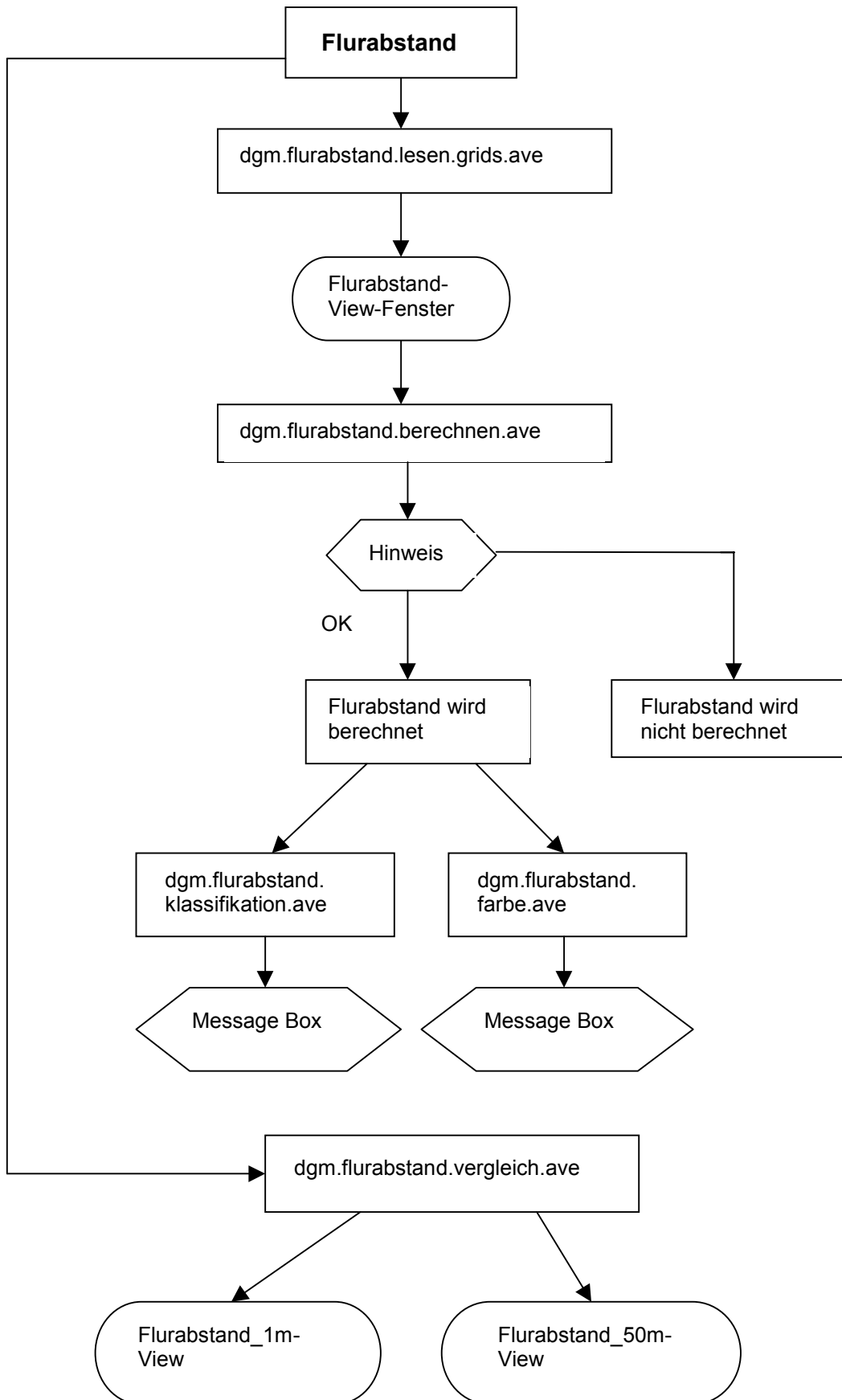


Bild 3-33: Flussdiagramm, um den Verlauf des Menüs Flurabstand darzustellen

Bild 3.33 stellt den Programmablauf des Menüs „Flurabstand“ dar. Man kann das DGM Grid und das Grundwasser Grid einlesen und damit dann den Flurabstand berechnen. Nur wenn man die Berechnung durchgeführt hat, dann kann man auch verschiedene Klassifikationen und Farben zur Darstellung des Flurabstandes auswählen. Des Weiteren kann man einen Vergleich zwischen den beiden Flurabstandsberechnungen mit einer 1m und 50m Auflösung anzeigen lassen.

3.4.3 Beschreibung der Programm – Module

Gestartet wird das Programm durch Öffnen der Projekt-Datei av.apr. Nach dem Öffnen des Projekts, erscheint folgender Startbildschirm:

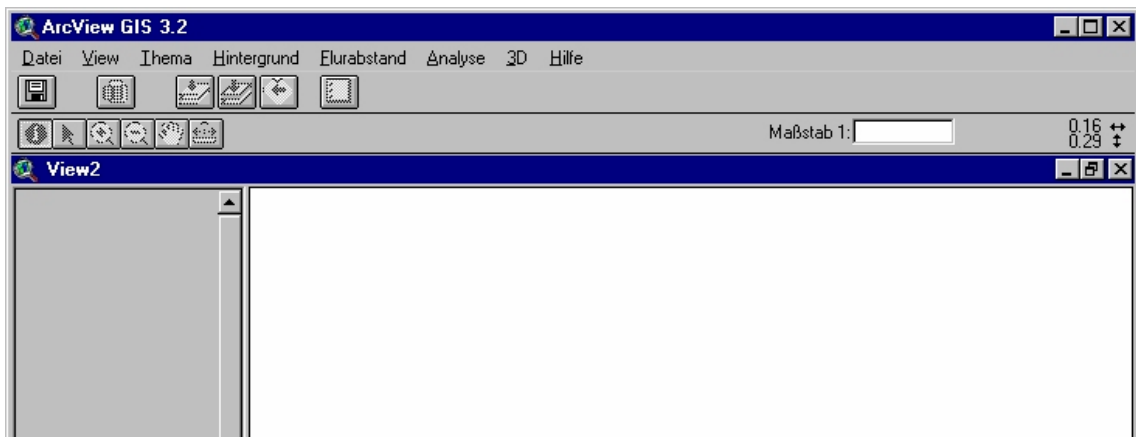


Bild 3-34: Startbildschirm

Der Startbildschirm ist in eine Menü-, Schaltflächen- und Werkzeugleiste und ein View-Fenster aufgeteilt.

Beim Starten des Projekts läuft das Skript dgm.start.ave. Dieses Skript legt die Größe und Anordnung des Start-View-Fensters fest. Doch als erstes muss man einen absoluten Pfad angeben, in dem die Daten abgelegt und gespeichert werden können. Existiert dieser Pfad nicht, muss man noch einmal einen Pfad angeben. Dieser Pfad wird in einem Steuerelement, dem sog. „Tag“ gespeichert. Dieser Tag wird mit einer Zeichenfolge verknüpft.

Das Start-View-Fenster erscheint zunächst leer.

In der Menüleiste sind folgende Menüs:

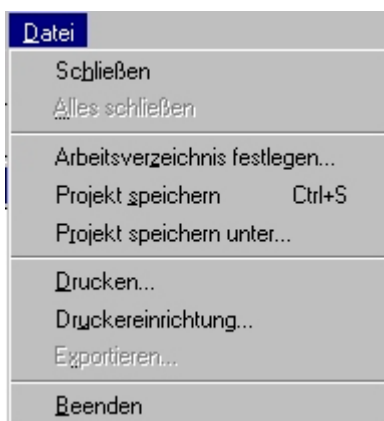


Bild 3-35: Menü "Datei"

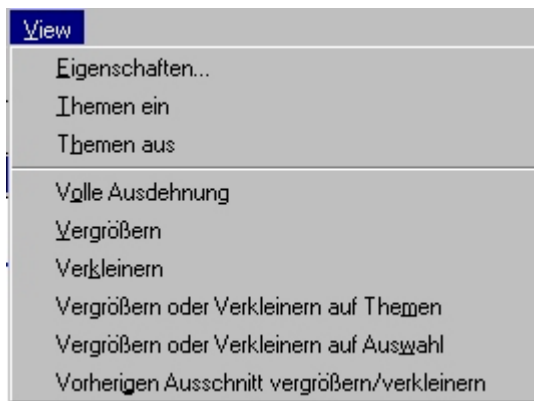


Bild 3-36: Menü "View"

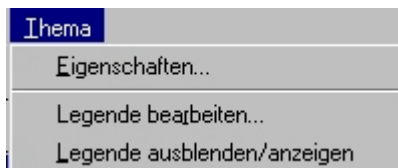


Bild 3-37: Menü "Thema"

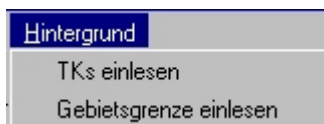


Bild 3-38: Menü "Hintergrund"



Bild 3-39: Menü "Flurabstand"

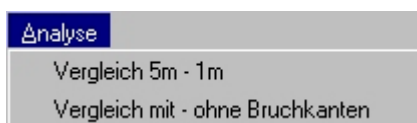


Bild 3-40: Menü "Analyse"

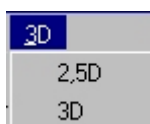










Bild 3-41: Menü "3D"







In der Schaltflächenleiste sind folgende Schaltflächen integriert:



speichert das Projekt

-  Vergrößert vom Mittelpunkt eines Views um den Faktor 2
-  Verkleinert vom Mittelpunkt eines Views um den Faktor 2
-  zoomt zum vorherigen Bildausschnitt
-  öffnet die Thementabelle
-  vergrößert oder verkleinert auf die volle Ausdehnung
-  vergrößert oder verkleinert auf die aktiven Themen
-  geht zum vorherigen Bildausschnitt
-  hebt Auswahl auf

In der Werkzeugleiste sind folgende Werkzeuge zum Bearbeiten des aktiven View-Fensters:

-  zeigt Informationen über das angeklickte Pixel
-  Werkzeug zum Klicken
-  vergrößern
-  verkleinern
-  verschieben des Bildausschnitts
-  messen



Maßstab und GK-Koordinaten

Zusätzlich ist rechts in der Werkzeugleiste ein Maßstabeingabefenster und die Gauß-Krüger-Koordinaten der aktuellen Cursorposition.

Menü Hintergrund

Mit dem Menü Hintergrund kann man sich die TK's und die entsprechenden Gebietsgrenzen der Testgebiete anzeigen lassen.

Beim Menüpunkt „TK's einlesen“ wird das Avenue-Skript `dgm.hintergrund.tk.lesen.ave` gestartet. In dem Dialogfenster muss man sich ein Gebiet aussuchen, die

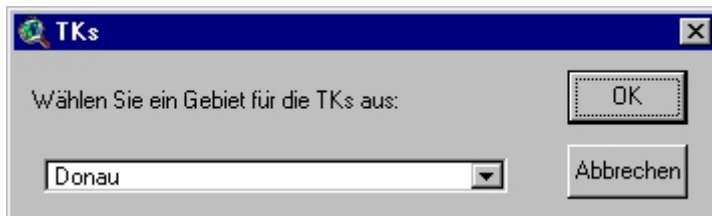


Bild 3-42: Dialogfenster zum Einlesen der Topographischen Karten

entsprechende TK25 wird dann im Start-View-Fenster angezeigt. Dabei wird automatisch auf die volle Ausdehnung gezoomt.

Beim Menüpunkt „Gebietsgrenze einlesen“ wird das Avenue-Skript `dgm.hintergrund.gebietsgrenze.lesen.ave` gestartet. In dem Dialogfenster muss man

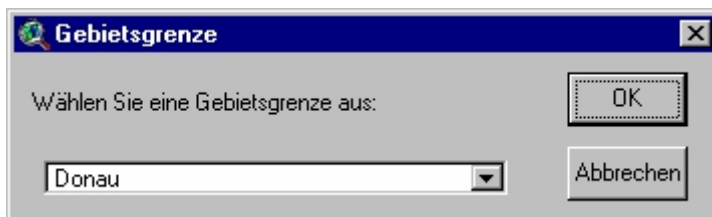


Bild 3-43: Dialogfenster zum Einlesen der Gebietsgrenze

sich eine Gebietsgrenze aussuchen. Das entsprechende Linienthema wird ebenfalls im Start-View-Fenster angezeigt. Das Linienthema wird auf seine volle Ausdehnung gezoomt und in blau angezeigt.

Menü Flurabstand

Das Menü Flurabstand bezieht sich nur auf das Testgebiet Rhein (Philippsburg, Rheinhausen).

Beim Menüpunkt „Grids einlesen“ wird das AveSkript `dgm.flurabstand.lesen.grid.ave` gestartet. Dabei werden das Grundwasser-Grid und das DGM-Grid in ein neues View-Fenster, dessen Größe und Anordnung im Skript festgelegt wird, geladen. Im Inhaltsverzeichnis werden die Themen aktiviert. Die Themen werden auf ihre Ausdehnung gezoomt und sie werden in neun abgestuften Blautönen angezeigt.

Beim Menüpunkt „Flurabstand berechnen“ wird das Avenue-Skript `dgm.flurabstand.berechnen.ave` gestartet. Die Berechnung wird durchgeführt, wenn die

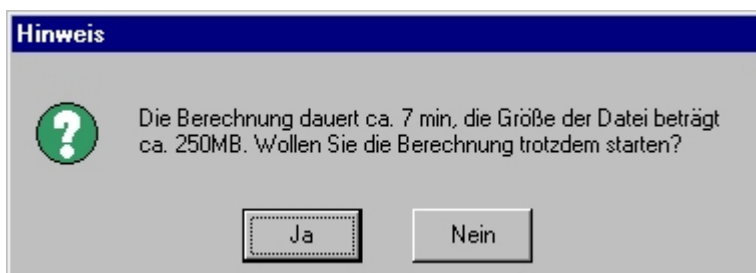


Bild 3-44: Hinweis für die Berechnungsdauer und Größe der Datei

Hinweismeldung bestätigt wird. Das Ergebnis-Grid wird in das Verzeichnis `*/Daten/Rhein/` mit dem Namen `Flur` gespeichert. Will man die Berechnung nicht starten, so kann man die folgenden zwei Menüpunkte nicht durchführen.

Beim Menüpunkt „Klassifikation“ wird das Skript `dgm.flurabstand.klassifikation.ave` gestartet. Um dieses Skript ausführen zu können, muss vorher der Flurabstand berechnet werden. In einem Dialogfenster kann man zwischen verschiedenen

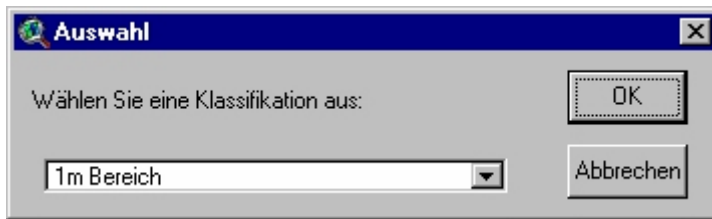


Bild 3-45: Dialogfenster zum Auswählen einer Klassifikation

Klassifikationen wählen. Die Klassifikation gibt an, in wie viele Klassen der Flurabstand eingeteilt ist.

Beim Menüpunkt „Farbe“ wird das Avenue-Skript `dgm.flurabstand.farbe.ave` gestartet. Um dieses Skript ausführen zu können, muss vorher der Flurabstand berechnet werden. In einem Dialogfenster kann man zwischen verschiedenen Farben wählen.

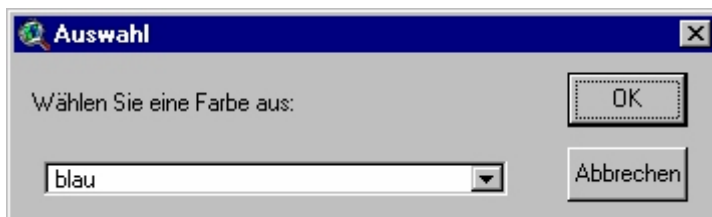


Bild 3-46: Dialogfenster zum Auswählen einer Farbe

Beim Menüpunkt „Vergleich 1m-50m“ wird das Avenue-Skript `dgm.flurabstand.klassifikation.ave` gestartet. Zwei neue View-Fenster werden geöffnet, deren Größe und Anordnung im Skript festgelegt ist. In das linke View-Fenster wird der Flurabstand im 1m-Raster angezeigt und im rechten View-Fenster wird der Flurabstand im 50m-Raster angezeigt.

Menü Analyse

Das Menü Analyse bezieht sich nur auf das Testgebiet des Landesvermessungsamtes. (Gebiet zwischen Hockenheim und Ketsch).

Beim Menüpunkt „Vergleich 5m – 1m“ wird das Avenue-Skript `dgm.analyse.lv.dgm.ave` gestartet. Zwei neue View-Fenster werden geöffnet, deren Größe und Anordnung im Skript festgelegt ist. In das linke View-Fenster wird das 1m-Grid angezeigt und im rechten View-Fenster wird das 5m-Grid angezeigt.

Beim Menüpunkt „Vergleich mit – ohne Bruchkanten“ wird das Avenue-Skript `dgm.analyse.lv.tin.ave` gestartet. Zwei neue View-Fenster werden geöffnet, deren Größe und Anordnung im Skript festgelegt ist. In das linke View-Fenster wird das Tin ohne Bruchkanten angezeigt und im rechten View-Fenster wird das Tin mit Bruchkanten angezeigt.

Menü 3D

Beim Menüpunkt „2,5D“ wird das Avenue-Skript dgm.3d.lesen.25d.ave gestartet. In der

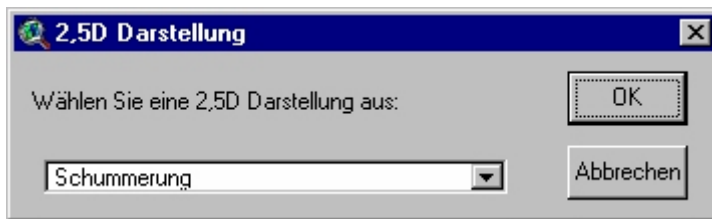


Bild 3-47: Dialogfenster zum Auswählen einer 2,5D Darstellung

Dialogfenster kann man drei verschiedene Darstellungen wählen. Die ausgewählte Darstellung wird dann in einem neuen View-Fenster angezeigt, dessen Größe und Anordnung im Skript festgelegt wird.

Der Menüpunkt „3D“ wurde nicht vollständig implementiert.

Die Menüs Datei, View, Thema und Hilfe wurden aus ArcView übernommen. Teilweise wurden allerdings ein paar Funktionen weggelassen.

Menü Datei

Schließen: schließt das aktive Fenster

Alles schließen: schließt alle Dokumente des Projekts

Arbeitsverzeichnis festlegen: ermöglicht die Angabe des aktuellen Arbeitsverzeichnisses

Projekt speichern: speichert das aktuelle Projekt

Projekt speichern unter: speichert das aktuelle Projekt unter einem neuen Namen

Drucken: druckt das aktive View-Fenster

Druckereinrichtung: richtet Drucker und Druckoptionen ein

Exportieren: exportiert das aktive View-Fenster; verschiedene Dateiformate stehen zur Verfügung, z.B. *.bmp, *.eps, *.jpg

Beenden: beendet ArcView

Menü View

Eigenschaften: zeigt die Einstellungen des aktiven View-Fensters an, z.B. Name, Erstellungsdatum, Karteneinheiten, Projektion

Themen ein: alle Themen des aktiven Views werden eingeschaltet, d.h. alle Themen sind im Kartenfenster sichtbar

Themen aus: alle Themen des aktiven Views werden ausgeschaltet, d.h. alle Themen sind im Kartenfenster nicht mehr sichtbar

Volle Ausdehnung: vergrößert auf die Ausdehnung aller Themen

vergrößern: vergrößert den Ausschnitt

verkleinern: verkleinert den Ausschnitt

vergrößern oder verkleinern auf Themen: vergrößert oder verkleinert auf die Ausdehnung der aktiven Themen

vergrößern oder verkleinern auf Auswahl: vergrößert oder verkleinert auf die Auswahl der ausgewählten Objekte

vorherigen Ausschnitt vergrößern/verkleinern: geht zum vorherigen Bildausschnitt zurück

Menü Thema

Eigenschaften: zeigt die Eigenschaften des aktiven Themas an, z.B. Themenname, Zellengröße, Koordinaten

Legende bearbeiten: Legendeneditor geht auf
Legende ausblenden/anzeigen: Legende kann ausgeblendet werden, d.h. nur noch der
Themenname des aktiven Themas ist im Inhaltsverzeichnis zu sehen; vollständige
Legende kann auch wieder angezeigt werden

3.4.4 Ausführen des Programms

Das Programm wird durch Öffnen der Projektdatei av.apr gestartet. Zuvor sollte ein
Pfad angelegt werden, in dem die Dateien geladen und gespeichert werden. Beim
Starten wird man nach diesem Pfad gefragt, existiert er nicht, muss man den Pfad
anlegen.

3.4.5 Probleme

Das Programm hat keine Funktion, um zwischen Entwickler- und Anwendermodus zu
wechseln. Die 3D Darstellung lässt in ihrer Funktionalität noch Wünsche offen. Bisher
geht nur eine 2,5D Darstellung.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden die Nutzungsmöglichkeiten von DGM-Daten aus Laserscanbefliegungen für Anwendungen im Umweltschutz untersucht.

Die vorliegenden Daten haben eine Auflösung von 1m. Sie wurden vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, der Gewässerdirektion Karlsruhe und der Gewässerdirektion Riedlingen zur Verfügung gestellt.

Die Daten wurden in ArcView3.2 eingelesen und in ein Grid umgewandelt. Dazu waren mehrere verschiedene Bearbeitungsschritte notwendig. Ein Grid ist ein Rastermodell, das die Geländeoberfläche als ein gleichmäßiges Gitter von Punkten darstellt.

Daten vom Landesvermessungsamt:

Das Testgebiet liegt zwischen Hockenheim und Ketsch und umfasst eine Fläche von 16 km².

Diese Daten wurden auf ihre Qualität untersucht.

Daten von der Gewässerdirektion Karlsruhe/Landesvermessungsamt:

Das Testgebiet liegt zwischen Philippsburg und Rheinhausen. Von diesem Gebiet lagen Daten aus zwei verschiedenen Laserscanmessungen vor.

Mit diesen Daten wurde der Flurabstand berechnet. Da die Daten des Landesvermessungsamtes homogener waren, wurden diese verwendet.

Das Ergebnis konnte mit dem bisherigen Flurabstand im 50m-Raster verglichen werden.

Daten von der Gewässerdirektion Riedlingen:

Das Testgebiet liegt bei Fridingen an der Donau und umfasst eine Fläche von 16km².

Diese Daten wurden in ein 3D Modell umgerechnet und mit verschiedenen Fachthemen überlagert.

Die Diplomarbeit wurde mit dem Desktop GIS ArcView 3.2 und den Erweiterungen Spatial Analyst sowie 3D Analyst ausgeführt.

Im vierten Teil der Diplomarbeit wurde eine grafische Bedienoberfläche entwickelt. Die Entwicklung erfolgte mit der objektorientierten Programmiersprache AVENUE von ArcView3.2.

Bisher wurden ca. 8000 km² befliegen, davon liegen die Daten aus einem ca. 750 km² großen Gebiet dem Landesvermessungsamt vor.

Die Befliegung wird voraussichtlich bis Ende 2003 abgeschlossen sein.

Die Landesanstalt für Umweltschutz hat vorläufige Testdaten aus einem ca. 200 km² großen Gebiet, das von Philippsburg bis Ketsch reicht, vorliegen. Wenn die Daten flächendeckend für Baden – Württemberg vorliegen, werden sie allen UIS-Nutzern über den RIPS-Pool zur Verfügung gestellt.

5 Abbildungsverzeichnis

<u>BILD 2-1:</u>	<u>ABGRENZUNG DER UNTERSUCHUNGSGEBIETE; KARTENHINTERGRUND: RELIEF UND KREISGRENZEN</u>	9
<u>BILD 2-2:</u>	<u>PRINZIP DER LASERSCANBEFLIEGUNG (OPTECH, 2001)</u>	10
<u>BILD 2-3:</u>	<u>PRINZIP DER MEHRFACHREFLEXION (TOPSCAN)</u>	11
<u>BILD 2-4:</u>	<u>DIE HAUPTKOMPONENTEN EINES GRID: ZELLEN, REIHEN, SPALTEN, KOORDINATENSYSTEM, VAT-TABELLE (ARCINFO HELP)</u>	17
<u>BILD 2-5:</u>	<u>DIE HAUPTKOMPONENTEN EINES TIN: KNOTEN, KANTEN, DREIECKE (ARCINFO HELP)</u> ...	18
<u>BILD 3-1:</u>	<u>UNTERSUCHUNGSGEBIET IM BEREICH HOCKENHEIM/KETSCH; KARTENHINTERGRUND: UK500</u>	19
<u>BILD 3-2:</u>	<u>DGM MIT EINER 5M AUFLÖSUNG IM BEREICH HOCKENHEIM/KETSCH, IN ARCVIEW ERSTELLT</u>	20
<u>BILD 3-3:</u>	<u>DGM MIT EINER 1M AUFLÖSUNG IM BEREICH HOCKENHEIM/KETSCH, IN ARCVIEW ERSTELLT</u>	20
<u>BILD 3-5:</u>	<u>OHNE BRUCHKANTEN</u>	23
<u>BILD 3-6:</u>	<u>MIT BRUCHKANTEN</u>	23
<u>BILD 3-7:</u>	<u>DIFFERENZRASTER AUS ZWEI VERSCHIEDENEN LASERSCANBEFLIEGUNGEN</u>	25
<u>BILD 3-8:</u>	<u>DARSTELLUNG DES FLURABSTANDES (LfU BW, 1998)</u>	26
<u>BILD 3-9:</u>	<u>TESTGEBIET VON DER GEWÄSSERDIREKTION KARLSRUHE UND VOM LANDESVERMESSUNGSAMT BW</u>	27
<u>BILD 3-10:</u>	<u>DGM (GEWÄSSERDIREKTION KARLSRUHE) MIT EINER 1M AUFLÖSUNG</u>	28
<u>BILD 3-11:</u>	<u>DGM (LANDESVERMESSUNGSAMT) MIT EINER 1M AUFLÖSUNG</u>	28
<u>BILD 3-12:</u>	<u>FLUSSDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER BEARBEITUNGSSCHRITTE DER DATEN</u>	29
<u>BILD 3-13:</u>	<u>FLURABSTAND FÜR MITTLERE GRUNDWASSER-VERHÄLTNISSE, BERECHNET AUS TOPSCAN-DGM UND MITTLEREN GRUNDWASSER-STAND</u>	30
<u>BILD 3-14:</u>	<u>FLUSSDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER FLURABSTANDSBERECHNUNG</u>	30
<u>BILD 3-15:</u>	<u>FLURABSTAND MIT EINER 50M AUFLÖSUNG</u>	31
<u>BILD 3-16:</u>	<u>PROFILÜBERSICHT</u>	32
<u>BILD 3-17:</u>	<u>PROFIL 1: VERGLEICH FLURABSTAND 1M (BRAUN) - 50M (GRÜN); MITTLERE GW-VERHÄLTNISSE (BLAU)</u>	32
<u>BILD 3-18:</u>	<u>PROFIL 2: VERGLEICH FLURABSTAND 1M (BRAUN) - 50M (GRÜN); MITTLERE GW-VERHÄLTNISSE (BLAU)</u>	33
<u>BILD 3-19:</u>	<u>PROFIL 3: VERGLEICH FLURABSTAND 1M (BRAUN) - 50M (GRÜN); GW-VERHÄLTNISSE (BLAU)</u>	33
<u>BILD 3-20:</u>	<u>TESTGEBIET VON DER GEWÄSSERDIREKTION RIEDLINGEN IM BEREICH FRIDINGEN A.D. DONAU, HINTERGRUNDKARTE IST DIE UK500</u>	35
<u>BILD 3-21:</u>	<u>DIGITALES OBERFLÄCHENMODELL MIT EINER AUFLÖSUNG VON 1M</u>	36
<u>BILD 3-22:</u>	<u>SCHUMMERUNG, BERECHNET MIT DEN PARAMETERN AZIMUT = 315° UND HÖHENWINKEL = 45°, KOMBINIERT MIT DER DONAU AUS DLM25</u>	39
<u>BILD 3-23:</u>	<u>AUSSCHNITT: SCHUMMERUNG KOMBINIERT MIT HÖHENLINIEN, BERECHNET MIT DEN PARAMETERN INTERVALL = 10M UND GRUNDUMRISS = 0M</u>	40
<u>BILD 3-24:</u>	<u>AUSSCHNITT: SCHUMMERUNG KOMBINIERT MIT FLURSTÜCKEN AUS DER ALK</u>	41
<u>BILD 3-25:</u>	<u>3D DARSTELLUNG: KOMBINATION ORTHOPHOTO (QUELLE: LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG) MIT BIOTOPEN</u>	42
<u>BILD 3-26:</u>	<u>3D DARSTELLUNG: DIGITALES OBERFLÄCHENMODELL KOMBINIERT MIT GEBÄUDEN AUS DER ALK, NSG UND LSG</u>	43
<u>BILD 3-27:</u>	<u>3D DARSTELLUNG: DIGITALES OBERFLÄCHENMODELL KOMBINIERT MIT EINEM GITTER, DAS MIT DEN PARAMETERN PROFILABSTAND = 1M UND ANZAHL DER PROFILE = 100 BERECHNET WURDE</u>	43
<u>BILD 3-28:</u>	<u>3D DARSTELLUNG: GITTER KOMBINIERT MIT GEBÄUDEN AUS DER ALK UND DER DONAU AUS DEM DLM25</u>	44
<u>BILD 3-29:</u>	<u>FLUSSDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER BEARBEITUNGSSCHRITTE</u>	45
<u>BILD 3-30:</u>	<u>FLUSSDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DES PROGRAMMABLAUFS</u>	47
<u>BILD 3-31:</u>	<u>FLUSSDIAGRAMM, UM DEN ABLAUF DES MENÜS HINTERGRUND DARZUSTELLEN</u>	48
<u>BILD 3-33:</u>	<u>FLUSSDIAGRAMM, UM DEN VERLAUF DES MENÜS FLURABSTAND DARZUSTELLEN</u>	1
<u>BILD 3-34:</u>	<u>STARTBILDSCHIRM</u>	50
<u>BILD 3-35:</u>	<u>MENÜ "DATEI"</u>	50
<u>BILD 3-36:</u>	<u>MENÜ "VIEW"</u>	51

<u>BILD 3-37:</u>	<u>MENÜ "THEMA"</u>	51
<u>BILD 3-38:</u>	<u>MENÜ "HINTERGRUND"</u>	51
<u>BILD 3-39:</u>	<u>MENÜ "FLURABSTAND"</u>	51
<u>BILD 3-40:</u>	<u>MENÜ "ANALYSE"</u>	51
<u>BILD 3-41:</u>	<u>MENÜ "3D"</u>	51
<u>BILD 3-42:</u>	<u>DIALOGFENSTER ZUM EINLESEN DER TOPOGRAPHISCHEN KARTEN</u>	53
<u>BILD 3-43:</u>	<u>DIALOGFENSTER ZUM EINLESEN DER GEBIETSGRENZE</u>	53
<u>BILD 3-44:</u>	<u>HINWEIS FÜR DIE BERECHNUNGSDAUER UND GRÖÖE DER DATEI</u>	53
<u>BILD 3-45:</u>	<u>DIALOGFENSTER ZUM AUSWÄHLEN EINER KLASSIFIKATION</u>	54
<u>BILD 3-46:</u>	<u>DIALOGFENSTER ZUM AUSWÄHLEN EINER FARBE</u>	54
<u>BILD 3-47:</u>	<u>DIALOGFENSTER ZUM AUSWÄHLEN EINER 2,5D DARSTELLUNG</u>	55
TABELLE 1.1:	GLIEDERUNG DER NATURSCHUTZVERWALTUNG.....	5
TABELLE 2.2:	ÜBERSICHT ÜBER DIE UNTERSUCHUNGSGEBIETE	9
TABELLE 3.3:	HÄUFIGKEIT DER EINZELNEN KLASSEN	24
TABELLE 3.4:	HÄUFIGKEITEN DER FLURABSTÄNDE MIT 1M UND 50M AUFLÖSUNG IM VERGLEICH	31
TABELLE 3.5:	FLURABSTÄNDE IN VERSCHIEDENEN GEBIETEN	34

6 Literaturverzeichnis

BACHHUBER, Reinhard; BUHMANN, Erich; SCHALLER, Jörg: ArcView – GIS Arbeitsbuch. Herbert Wichmann Verlag. Heidelberg. 1996

ESRI: Avenue – Customization and Application Development for ArcView GIS. Redlands, USA. 1996

ESRI: ArcInfo Help, 1997

ESRI: ArcView Help, 1999

FORUM – Zeitschrift des Bundes der öffentlich bestellten Vermessungsingenieure. Heft 3/1989

GIS – Geo-Informationssysteme: Zeitschrift für raumbezogene Informationen und Entscheidungen. Herbert Wichmann Verlag. Heidelberg. Heft 2/1999

INTERNET:

www.esri-germany.de; www.esri.com

www.lfu.baden-wuerttemberg.de

www.lfu.baden-wuerttemberg.de/udkservlets/UDKServlet

www.lv-bw.de

www.optech.on.ca./altmhow.htm

www.scilands.de

www.toposys.de

www.topscan.de/unters/unters.htm

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG: Das Grundwasser im Oberrheingraben. Eine elementare grenzüberschreitende Ressource. Informationsmappe: 25 Blätter. Karlsruhe. 1998

LINDENBERGER, Joachim: Laser-Profilmessungen zur topographischen Geländeaufnahme. Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C Dissertationen, Heft Nr. 400. München. 1993

SCHWALLER, Gabriele: GIS als Werkzeug für wasserwirtschaftliche Planungsaufgaben, IGS 30.

WEIDENBACH, Markus: Geographische Informationssysteme und Neue Digitale Medien in der Landschaftsplanung. Logos Verlag. Berlin. 1999

7 Anhang

7.1 Skripte für Avenue

Im folgenden sind einige ausgewählte Skripte aufgeführt:

7.1.1 dgm.start.ave

```
'*****  
'  
'Diplomarbeit: Anja Prochazka, 2001  
'  
'Script: dgm.start  
'  
'Beschreibung: das start-Skript legt den Pfad fest, indem die Daten  
'                abgelegt werden; dieser Pfad wird in einem sog. Tag  
'                gespeichert; dieser Tag wird, wenn nötig in den  
'                jeweiligen Skripten wieder aufgerufen; des weiteren  
'                wird im start-Skript ein View-Fenster geöffnet  
'  
'erstellt: 19.07.01  
'  
'*****  
  
' absoluten Pfad angeben  
  
thePath = MsgBox.Input("Geben Sie einen Pfad, indem die Daten abgelegt  
werden, an:",  
                        "Pfadangabe",  
                        "d:/projekte/avenue/")  
  
' prüfen, ob der Pfad existiert  
  
thePathName = thePath.AsFileName  
theDir = File.Exists(thePathName)  
  
' wenn der Pfad nicht existiert -> Fehlermeldung; neuen Pfad eingeben  
  
while (theDir = false)  
    MsgBox.Info("Sie müssen einen existierenden Pfad  
angeben!", "Hinweis")  
    thePath = MsgBox.Input("Geben Sie einen Pfad, indem die Daten  
abgelegt werden, an:",  
                            "Pfadangabe",  
                            "d:/projekte/avenue/")  
    ' prüfen, ob der Pfad existiert  
  
    thePathName = thePath.AsFileName  
    theDir = File.Exists(thePathName)  
    if (theDir = true) then  
        break  
    end  
end  
  
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.hintergrund  
.tk.lese").GetTag  
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.hintergrund  
.tk.lese").SetTag(thePath)
```

```
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.hintergrund
.gebietsgrenze.lesen").GetTag
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.hintergrund
.gebietsgrenze.lesen").SetTag(thePath)
```

```
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.flurabstand
.lesen.grids").GetTag
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.flurabstand
.lesen.grids").SetTag(thePath)
```

```
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.flurabstand
.klassifikation").GetTag
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.flurabstand
.klassifikation").SetTag(thePath)
```

```
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.flurabstand
.vergleich").GetTag
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.flurabstand
.vergleich").SetTag(thePath)
```

```
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.analyse.lv.
dgm").GetTag
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.analyse.lv.
dgm").SetTag(thePath)
```

```
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.analyse.lv.
tin").GetTag
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.analyse.lv.
tin").SetTag(thePath)
```

' View auf Bildschirmgröße Öffnen

```
theView = View.Make
theView.SetUnits(#UNITS_LINEAR_METERS)
theWindow = theView.GetWin
theWindow.Open
theWindow.MoveTo(0,0)
theWindow.Resize(1035,635)
```

7.1.2 dgm.hintergrund.gebietsgrenze.lesen.ave

```
*****
|
|Diplomarbeit: Anja Prochazka, 2001
|
|Script: dgm.hintergrund.gebietsgrenze.lesen
|
|Beschreibung: das Skript lädt für die Testgebiete die jeweiligen
|               Gebietsgrenzen ein
|
|erstellt: 11.07.01
|
*****

| Message Box zum Gebietsgrenze laden aufrufen

theView = av.GetActiveDoc
myList = {"Donau", "Rhein", "LV"}
theChoice = MsgBox.ChoiceAsString(myList, "Wählen Sie eine
Gebietsgrenze aus:", "Gebietsgrenze")

theTag =
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.hintergrund
.gebietsgrenze.lesen").GetTag

| je nach Auswahl Gebietsgrenze einlesen
| bei Auswahl Donau

if (theChoice = "Donau") then
    theSrcName =
SrcName.Make(theTag+"daten/donau/gebietsgrenze/donau.shp")
    theTheme = Theme.Make(theSrcName)
    theView.AddTheme(theTheme)
    theTheme.SetVisible(true)
    theTheme.SetActive(true)

    | aktive Themen finden und auf ihre Ausdehnung vergrößern

    theThemes = theView.GetActiveThemes
    r = Rect.MakeEmpty
    for each t in theThemes
        r = r.UnionWith(t.ReturnExtent)
    end
    if (r.IsEmpty) then
        return nil
    elseif (r.ReturnSize = (0@0) ) then
        theView.GetDisplay.PanTo(r.ReturnOzrigin)
    else
        theView.GetDisplay.SetExtent(r.Scale(1.1))
    end

    | Symbolfarbe auf blau und Größe 2 festlegen

    theLegend = TheTheme.GetLegend
    theSymbolline = theLegend.GetSymbols.Get(0)
    theSymbolline.SetColor(color.getBlue)
    theSymbolline.SetSize(2)
    theTheme.UpdateLegend

| bei Auswahl Rhein
```

```

elseif (theChoice = "Rhein") then
  theSrcName =
SrcName.Make(theTag+"daten/rhein/gebietsgrenze/rhein.shp")
  theTheme = Theme.Make(theSrcName)
  theView.AddTheme(theTheme)
  theTheme.SetVisible(true)
  theTheme.SetActive(true)

  ' aktive Themen finden und auf ihre Ausdehnung vergrößern

  theThemes = theView.GetActiveThemes
  r = Rect.MakeEmpty
  for each t in theThemes
    r = r.UnionWith(t.ReturnExtent)
  end
  if (r.IsEmpty) then
    return nil
  elseif (r.ReturnSize = (0@0) ) then
    theView.GetDisplay.PanTo(r.ReturnOzrigin)
  else
    theView.GetDisplay.SetExtent(r.Scale(1.1))
  end

  ' Symbolfarbe auf blau und Größe 2 festlegen

  theLegend = TheTheme.GetLegend
  theSymbolline = theLegend.GetSymbols.Get(0)
  theSymbolline.SetColor(color.getBlue)
  theSymbolline.SetSize(2)
  theTheme.UpdateLegend

' bei Auswahl LV
elseif (theChoice = "LV") then
  theSrcName = SrcName.Make(theTag+"daten/lv/gebietsgrenze/lv.shp")
  theTheme = Theme.Make(theSrcName)
  theView.AddTheme(theTheme)
  theTheme.SetVisible(true)
  theTheme.SetActive(true)

  ' aktive Themen finden und auf ihre Ausdehnung vergrößern

  theThemes = theView.GetActiveThemes
  r = Rect.MakeEmpty
  for each t in theThemes
    r = r.UnionWith(t.ReturnExtent)
  end
  if (r.IsEmpty) then
    return nil
  elseif (r.ReturnSize = (0@0) ) then
    theView.GetDisplay.PanTo(r.ReturnOzrigin)
  else
    theView.GetDisplay.SetExtent(r.Scale(1.1))
  end

  'Symbolfarbe auf blau und Größe 2 festlegen

  theLegend = TheTheme.GetLegend
  theSymbolline = theLegend.GetSymbols.Get(0)
  theSymbolline.SetColor(color.getBlue)
  theSymbolline.SetSize(2)
  theTheme.UpdateLegend
end

```


7.1.3 dgm.flurabstand.berechnen.ave

```
'*****
'|
'|Diplomarbeit: Anja Prochazka, 2001
'|
'|Script: dgm.flurabstand.berechnen
'|
'|Beschreibung: das Skript berechnet den Flurabstand und speichert
'|                das Ergebnis im Verzeichnis flur ab
'|
'|erstellt: 10.07.01
'|
'|*****

'| Flurabstand berechnen
theView = av.GetActiveDoc

grdrhein = theView.FindTheme("dgm_lv").GetGrid
grdgw = theView.FindTheme("gw_lm_nord").GetGrid

'| Info

theChoice = MsgBox.YesNo("Die Berechnung dauert ca. 7 min, die Größe
der Datei beträgt ca. 250MB. Wollen Sie die Berechnung trotzdem
starten?","Hinweis",true)
if (theChoice =false) then
    exit
else

    '| Flurabstand berechnen

    newGrid = grdrhein-grdgw

    '| Flurabstand in das Verzeichnis ablegen

    grdResStr = "d:/projekte/avenue/Daten/Rhein/flur"
    grdFName = grdResStr.AsFileName
    newGrid.SaveDataSet (grdFName)

    '| Thema sichtbar machen

    theGTheme = GTheme.Make(newGrid)
    theView.AddTheme(theGTheme)
    theGTheme.SetVisible(true)

    '| no data weiss färben

    theTheme = theView.GetThemes.Get(0)
    theLegend = theTheme.GetLegend

    theSymbol = theLegend.GetSymbols.Get(9)
    theSymbol.SetColor(color.getWhite)
    theTheme.UpdateLegend

end
```

7.1.4 dgm.analyse.lv.tin.ave

```
'*****
'|
'Diplomarbeit: Anja Prochazka, 2001
'|
'Script: dgm.analyse.lv.tin
'|
'Beschreibung: das Skript lädt das TIN mit Bruchknoten und das TIN
'|               ohne Bruchkanten jeweils in ein extra View-Fenster
'|
'erstellt: 23.07.01
'|
'*****

' TIN ohne Bruchkanten laden

myView = View.Make
myView.SetUnits(#UNITS_LINEAR_METERS)
theWindow = myView.GetWin
theWindow.Open
theWindowName = "DGM_5m ohne Bruchkanten"
myView.SetName(theWindowName)
theWindow.MoveTo(0,0)
theWindow.Resize(510,620)

theTag =
av.GetProject.FindGUI("View").GetMenuBar.FindByScript("dgm.analyse.lv.
tin").GetTag

theSrcName =
SrcName.Make("d:/projekte/avenue/daten/lv/tin/ohne_bruchk")
'tinTheme = TIN.Make(theSrcName)
theSTheme = Theme.Make(theSrcName)

myView.AddTheme(theSTheme)

' Legende laden

theFile = theTag+"daten/lv/tin/"

theLegendName = theFile+"mit_bruchk.avt"
'theLegendName = theFile+"mit_bk_hard.avl"
'theLegendName = theFile+"mit_bk_farbe.avl"
theFileLegend = theLegendName.AsFileName
theTINLegend = TINLegend.Make
theLegend =
theTINLegend.SetBasicLegend(#TINLEGEND_TYPE_FACES,theTINLegend)

'theType = {#TINLEGEND_TYPE_LINES,#TINLEGEND_TYPE_FACES}
'theClassify = {#TINLEGEND_CLASSIFY_BREAK}
'theLegend =
theTINLegend.SetClassify(theSTheme,#TINLEGEND_TYPE_LINES,#TINLEGEND_CL
ASSIFY_BREAK)

theTINLegend.Load(theSTheme,theFileLegend)

theSTheme.SetVisible(true)
theSTheme.SetActive(true)

' Legende sichtbar machen
theSTheme.SetLegendVisible(true)
```

```
theSTheme.UpdateLegend

' TIN mit Bruchkanten laden

myView = View.Make
myView.SetUnits(#UNITS_LINEAR_METERS)
theWindow = myView.GetWin
theWindow.Open
theWindowName = "DGM_5m mit Bruchkanten"
myView.SetName(theWindowName)
theWindow.MoveTo(510,0)
theWindow.Resize(510,620)

theSrcName =
SrcName.Make("d:/projekte/avenue/daten/lv/tin/mit_bruchk")
'tinTheme = TIN.Make(theSrcName)
theTheme = Theme.Make(theSrcName)

myView.AddTheme(theTheme)

theTheme.SetVisible(true)

theTheme.SetActive(true)
```

7.1.5 dgm.3d.lesen.25d.ave

```
'*****
'|
'|Diplomarbeit: Anja Prochazka, 2001
'|
'|Script: dgm.3d.lesen.25d
'|
'|Beschreibung: Das Skript öffnet ein View-Fenster und lädt je
'|                nach Auswahl die entsprechenden 2,5D Darstellungen
'|
'|erstellt: 22.10.01
'|
'|*****
'| View mit der Größe 1035*635 öffnen

myView = View.Make
myView.SetUnits(#UNITS_LINEAR_METERS)
theWindow = myView.GetWin
theWindow.Open
theWindow.MoveTo(0,0)
theWindow.Resize(1035,635)

' Liste der auszuwählenden Darstellungen

myList = {"Schummerung","Schummerung + Höhenlinien","Schummerung +
Flurstücke"}
theChoice = MsgBox.ChoiceAsString(myList,"Wählen Sie eine 2,5D
Darstellung aus:","2,5D Darstellung")

' Auswahl Schummerung

if (theChoice = "Schummerung") then
    theWindowName = "Schummerung"
    myView.SetName(theWindowName)
    theImage = "d:/Projekte/Donau_teil2/Bilder/25d_schum.bmp"
    theSrcName = SrcName.Make(theImage)
    theImageSource = ISrc.Make(theSrcName)
    theTheme = ITheme.Make(theImageSource)
    myView.AddTheme(theTheme)
    theTheme.SetVisible(true)

'Auswahl Schummerung + Höhenlinien

elseif (theChoice = "Schummerung + Höhenlinien") then
    theWindowName = "Schummerung+Höhenlinien"
    myView.SetName(theWindowName)
    theImage = "d:/Projekte/Donau_teil2/Bilder/25d_schuhoe.bmp"
    theSrcName = SrcName.Make(theImage)
    theImageSource = ISrc.Make(theSrcName)
    theTheme = ITheme.Make(theImageSource)
    myView.AddTheme(theTheme)
    theTheme.SetVisible(true)

'Auswahl Schummerung + Flurstücke

elseif (theChoice = "Schummerung + Flurstücke") then
    theWindowName = "Schummerung+Flurstücke"
    myView.SetName(theWindowName)
    theImage = "d:/Projekte/Donau_teil2/Bilder/25d_schuflur.bmp"
    theSrcName = SrcName.Make(theImage)
```

```
    theImageSource = ISrc.Make(theSrcName)
    theTheme = ITheme.Make(theImageSource)
    myView.AddTheme(theTheme)
    theTheme.SetVisible(true)
end
```