

GRASS-Handbuch

Der praktische Leitfaden zum Geographischen Informationssystem GRASS

Markus Neteler

Version 1.1 (2000, 2003)

Dieses Buch ist keine Originaldokumentation zur Software.

Die in diesem Buch genannten Soft- und Hardwarebezeichnungen sind in den meisten Fällen auch eingetragene Warenzeichen und unterliegen als solche den gesetzlichen Bestimmungen. GRASS GIS ist ein eingetragenes Warenzeichen und unterliegt der GNU General Public License. Nähere Informationen beim *GRASS Development Team*, ITC-irst, Trento, Italien.

Dieses Dokument wurde mit \LaTeX gesetzt. Es ist als Quelltext, im PDF- und HTML-Format sowohl online als auch gedruckt erhältlich.

Die in diesem Buch enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden vom Autor nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt überprüft. Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie. Autor und Herausgeber übernimmt daher auch keinerlei Verantwortung oder Haftung für Fehler und deren Folgen. Hinweise auf eventuelle Irrtümer werden gerne entgegengenommen.

Anschrift: *Dipl.-Geogr. M. Neteler*; Email: *neteler@itc.it*

© 1996-2000 Markus Neteler, Hannover

© 2003 Markus Neteler, Trento, Italien

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation. A copy of the license is included in the section entitled *GNU Free Documentation License*.

Vorwort zur ersten Auflage

Das in diesem Leitfaden vorgestellte Geographische Informationssystem GRASS – „Geographical Resources Analysis Support System“ – ist ein GIS mit einer weitreichenden Entstehungsgeschichte. Entwickelt wurde es ab 1982 vom U.S. Army Corps of Engineers/CERL (Construction Engineering Research Lab) mit einem Aufwand von einigen Millionen U.S.\$ für militärische Planungszwecke. Ende der 80er Jahre stellte CERL das gesamte Softwarepaket samt Quellcode der zivilen Öffentlichkeit zur Verfügung. Die starke Verbreitung des Internets seit den frühen 90er Jahren hat dazu beigetragen, dass sich GRASS in Kürze weltweit etablieren konnte. Im Jahr 1995 zog sich CERL aus dem Projekt zurück, seit 1997 haben das „GRASS Development Team“ an der Baylor University, Texas, U.S.A., und an der Universität Hannover, Deutschland, sowie weltweit weitere Personen die Weiterentwicklung übernommen. Ende 1997 wurde GRASS 4.2 vom CAGSR an der Baylor University veröffentlicht. Kurze Zeit später, im Frühjahr 1998, folgte dann die darauf aufbauende Version GRASS 4.2.1, die vom Autor am Geographischen Institut der Universität Hannover bis Ende 1999 koordiniert wurde. In dieser Version konnten quasi sämtliche bekannte Programmfehler beseitigt und GRASS um rund 50 neue Module im Bereich Vektor-/ Rasterdatenverarbeitung erweitert werden. GRASS 4.2.1 stellt die derzeit vollständig stabile Fassung dar. Seit Frühjahr 1999 wird parallel an GRASS 5.0 gearbeitet, dessen Funktionalität erweitert ist und ansatzweise bereits die kommende Weiterentwicklung von GRASS in Richtung 3D/4D-GIS (mit Voxelverarbeitung und der Berücksichtigung der Zeitebene) zeigt. GRASS 5.0 ist inzwischen so stabil, dass es GRASS 4.x ersetzen kann. GRASS wird kostenlos über das Internet verteilt.

Die Projektseiten sind im Internet über die „GRASS GIS Europe“-Adresse <http://grass.itc.it/> bzw. über die „GRASS GIS U.S.A.“-Internetseiten <http://grass.baylor.edu/> erreichbar.

Das vorliegende „GRASS-Handbuch“ hat auch schon ein wenig Geschichte: Ursprünglich aus „Kochrezepten“ entstanden, die seit 1995 als Anleitungen zur Unterrichtung der Studierenden am Institut für Landschaftspflege und Naturschutz (ILN) der Universität Hannover dienten, entwickelte sich 1996 ein erster ausführlicherer Text im Stile von umfangreicheren Programmbeschreibungen daraus. Unterdessen erfuhr das „GRASS-Handbuch“ umfangreiche Überarbeitungen und Erweiterungen bis zur heutigen Form.

Dieses Handbuch richtet sich sowohl an im Umgang mit GIS Erfahrene, die GRASS neu kennenlernen möchten, als auch an GIS-Anfänger. Daher sind der eigentlichen Beschreibung von GRASS ein Abschnitt über Geographische Informationssysteme im Hinblick auf GRASS und eine ausführliche Anleitung zum Thema UNIX/Linux vorangestellt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Datenintegration, da hier erfahrungsgemäß generell im Umgang mit GIS viele Fragen auftreten. Einige Beispiele von GIS-Applikationen sollen Anregung für eigene Projekte geben.

Für viele interessante Gespräche und die hilfreiche Kritik am vorliegenden Handbuch danke ich insbesondere Herrn Dr. Heinrich Stillger und Herrn Dr. Manfred Redslob vom Institut für Landschaftspflege und Naturschutz (ILN) der Universität Hannover.

Herrn Dipl.-Geogr. Matthias Akkermann danke ich herzlich für seine kritischen Anmerkungen bezüglich neu hinzugefügter Kapitel.

Herrn Professor Dr. Thomas Mosimann danke ich für die kritische Durchsicht der aktuell vorliegenden Ausgabe und für die Möglichkeit, das Handbuch in der Schriftenreihe „Geosynthesis“ veröffentlichen zu können.

Hannover, im Februar 2000

Markus Neteler

Vorwort zur Version 1.1

Nachdem das Handbuch in der Schriftenreihe „Geosynthesis“ nach zwei kleineren Nachdrucken endgültig vergriffen war, konnte ein Weg gefunden werden, den Text unter der *GNU Free Document License* (GNU FDL) bereitzustellen. Es wurden einige kleinere Änderungen und Korrekturen vorgenommen, der Gesamttext in seiner Form weitestgehend belassen. Der Text konzentriert sich demnach auf die GRASS-Versionenreihe 4.x, kann aber wegen der ausführlichen Hinweise auf GRASS 5.0.x auch für diese derzeit stabile Version problemlos benutzt werden.

Herrn Otto Dassau danke ich für hilfreiche Kommentare für diese Version des Handbuchs.

Ein wichtiger Hinweis für die Benutzung dieses Handbuchs mit aktuellen GRASS-Versionen:

Einige Befehle haben sich von Version zu Version verändert, den Namen gewechselt oder stehen in manchen Versionen nicht zur Verfügung. Ab der GRASS Version 5.0.0pre4 (vom 13 Mai 2002) erreicht man aus verschiedenen Gründen die GIS Variablen \$GISDBASE, \$LOCATION und \$MAPSET nur noch über das Modul `g.gisenv`. Diese Variablen werden hier im Handbuch noch direkt benutzt, müssen also bei neueren Versionen mit `g.gisenv` abgefragt werden. In zukünftigen GRASS Versionen wird es nicht mehr nötig sein, diese Variablen benutzerseitig zu verwenden.

Trento, im Mai 2003

Markus Neteler

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Inhaltsverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	vii
1 Übersicht zum geographischen Informationssystem GRASS	1
1.1 Was leistet GRASS GIS?	1
1.2 Übersicht der GIS-Funktionalität in GRASS	3
2 Voraussetzungen für den Einsatz von GRASS	7
2.1 Hardware- und Software-Voraussetzungen	7
2.2 Keine Angst vor UNIX!	8
2.2.1 Was ist UNIX?	9
2.2.2 Die Anmeldung im Rechnersystem	10
2.2.3 Verzeichnisstruktur	12
2.2.4 Dateioorganisation	13
2.2.5 Dateiverwaltung, Diskettenzugriff, Kopieren von CD-ROM	14
2.2.6 Programme starten	15
2.2.7 Die Arbeit beenden: UNIX verlassen	17
3 GRASS als Geographisches Informationssystem	20
3.1 Die Verwaltung geographischer Daten	20
3.2 GIS-Konzepte	26
3.3 Projektionen in GRASS	28
3.4 Berechnungen und Analysen geographischer Daten	33
3.5 Unterstützte GIS-Datenformate	35
4 Der erste Einstieg in GRASS	38
5 Planung und Aufbau einer Datenstruktur	46
5.1 Definition des Projektgebiets bei vorgegebener geographischer Auflösung	46
5.2 Definition des Projektgebiets bei flexibel wählbarer Auflösung	48
5.3 Universelle Definition des Projektgebiets bei Verwendung gescannter Karten	48

6	Rasterdatenverarbeitung	51
6.1	Hinweise zum Einlesen von Rasterdaten in GRASS	51
6.2	Import eines Rasterbildes in eine <i>xy-location</i>	52
6.3	Import eines Rasterbildes in eine <i>location</i> mit Gauß-Krüger-Koordinaten	53
6.4	Betrachtung der importierten Rasterkarte	55
6.5	Hinweise zum Thema Auflösung von Rasterkarten	55
6.6	Vereinfachter Kartenimport für gescannte Karten	57
6.6.1	Geocodierung einer gescannten Karte	57
6.6.2	Blattschnittfreie Geocodierung mehrerer gescannter Karten	60
6.6.3	Import von Rasterdaten im ARC-GRID-Format	62
6.7	Erstellung kleiner Ausschnitte aus Rasterbildern	62
6.8	Export eines Rasterbildes	63
6.9	Zoomen in einer Rasterkarte	65
6.10	Automatisierte Rasterdaten-Umwandlung zu Vektordaten	65
6.11	Rasterdaten-Wandlung zu Punktdaten	66
6.12	Verschneidung verschiedener Flächen	67
6.13	Interpolation von Rasterdaten	69
6.14	Isolinienberechnung aus Höhenmodellen	70
6.15	Besondere Hinweise zu GRASS 5.0.x	71
6.16	Kartenalgebra mit <i>r.mapcalc</i>	72
6.17	Zuweisen von Attributen bei Rasterkarten	77
6.18	Speichern und Abfragen von Metainformationen bei Rasterkarten	78
7	Vektordatenverarbeitung	79
7.1	Warum werden Karten vektorisiert?	79
7.2	Vektortypen im GIS	80
7.3	Die Vektorisierung in GRASS	80
7.3.1	Digitalisierungsregeln für topologische GIS	81
7.3.2	Digitalisieren von Karten	82
7.3.3	Digitalisieren von Flächen	83
7.3.4	Digitalisieren von Höhenlinien	86
7.3.5	Setzen von Attributen (Labels) in Vektorkarten	87
7.4	Import und Export von Vektordaten	87
7.5	Zoomen in Vektorkarten	88
7.6	Vektordaten-Umwandlung zu Rasterdaten	88
7.7	Umwandlung von Vektorhöhenlinien in ein Rasterhöhenmodell	89
7.8	Abfragen von Vektorinformationen	90
7.9	Verschneiden von Flächen, Vektorextraktion	91
7.10	Interpolation von Rasteroberflächen aus Vektordaten	91

7.11 Direkte Vektordaten-Wandlung zu Rasterdaten	92
7.12 Automatische Vektorisierung von Rasterdaten	93
8 Punktdatenverarbeitung	96
8.1 Manuelles Setzen von Punkten	96
8.2 Bearbeitung digitaler Höhenmodelle	97
8.2.1 Import und Konvertierung von Höhendaten im xyz-ASCII-Format	97
8.2.2 Interpolation von Höhenmodellen	98
8.2.3 Export von Höhendaten	99
8.2.4 Dreidimensionale Betrachtung	100
8.3 Berechnung von Thiessen-Polygonen	101
8.4 Besonderheiten von GRASS 5.0.x	102
9 Kartenausgabe	104
9.1 Kartenausdruck mit ps.map	104
9.2 Kartengestaltung mit xfig	105
9.3 Die Benutzung des CELL-Treibers	107
10 GRASS im praktischen Einsatz: Einige Anwendungsbeispiele	110
10.1 Installation des SPEARFISH-Datensatzes	110
10.2 Arbeiten mit dem SPEARFISH-Datensatz	111
10.3 Erosionsberechnung mit der USLE	117
10.4 3D-Visualisierung mit NVIZ	123
10.5 Arbeiten mit weltweiten Daten: GTOPO30 und DCW	128
10.6 Interpolation eines Höhenmodells aus Höhenpunkten	133
10.7 Reliefanalysen mit GRASS	135
10.7.1 Erzeugung synthetischer Höhenmodelle	135
10.7.2 Geomorphologische Untersuchungen	135
10.8 Stichpunkte zur Erfassung hydrologischer Parameter in der Modellierung	139
11 Satellitenbildverarbeitung	143
11.1 Geometrische Vorverarbeitung von multispektralen Satellitendaten	143
11.1.1 Import von Satellitendaten	144
11.1.1.1 Import von Daten im TIFF- oder SUN-Raster-Format	146
11.1.1.2 Import von Daten im ERDAS/LAN-Format	146
11.1.1.3 Import von Daten im HDF-Format	146
11.1.1.4 Import von Daten im BIL-/BSQ-Format	146
11.1.2 Koordinatentransformation UTM nach Gauß-Krüger	148
11.1.3 Koordinatentransformation kleiner Bild-Ausschnitte auf eine Georeferenz	152
11.2 Kontrastverbesserung bei Satellitenbildern	154
11.3 Klassifizierung von Satellitenbildern	155

11.3.1	Radiometrische Klassifizierungen	156
11.3.1.1	Unüberwachte Klassifizierung	156
11.3.1.2	Überwachte Klassifizierung	159
11.3.1.3	Teilüberwachte Klassifizierung	162
11.3.2	Überwachte geometrische Klassifizierung	163
11.3.3	Kurzübersicht der Klassifikationsverfahren	164
11.4	Hauptachsentransformation	164
11.5	Verbesserung der Auflösung von Satellitenbildern	167
11.6	Fouriertransformation und inverse Fouriertransformation	168
11.6.1	Transformation und Bildfilterung	169
11.6.2	Rücktransformation	172
11.7	Matrixfilter	172
12	Orthofoto-Herstellung aus Luftbildern	175
12.1	Grundlagen	175
12.2	Vom Luftbild zum Orthofoto	178
12.3	Die Umsetzung in GRASS	179
12.3.1	Erstellung der Gauß-Krüger- <i>location</i>	180
12.3.2	Erstellung der xy-Luftbild- <i>location</i>	181
12.3.3	Die Orthofotoherstellung	181
13	Hinweise zur Programmierung in GRASS	189
13.1	Script-Programmierung	189
13.2	Automatisierte Benutzung von GRASS	194
13.3	Hinweise zur C-Programmierung für GRASS	194
14	Zitierte Literatur	199
A	Anhang	202
A.1	Antworten auf häufig gestellte Fragen	202
A.2	Kurzübersicht der wichtigen GRASS-Befehle	205
A.2.1	Punktdatenbefehle	205
A.2.2	Vektordatenbefehle	206
A.2.3	Rasterdatenbefehle	208
A.2.4	Bildverarbeitungsbefehle	212
A.2.5	Display-Befehle	214
A.2.6	PPM-Ausgabebefehle	215
A.2.7	Postscript-Druckbefehle	216
A.2.8	Allgemeine Befehle	216
A.2.9	Verschiedene Befehle und Kartenprojektions-Befehle	216
A.3	Die Struktur der GRASS-Datenbank	217

A.3.1	Löschen von GIS-Daten in GRASS	218
A.3.2	Kopieren einer GRASS-Datenbank	219
A.4	Konvertierung externer GIS-Formate für GRASS	219
A.4.1	Export aus ARC/INFO	220
A.4.2	Import in GRASS	222
A.4.3	IDRISI-Export nach GRASS über ARC/INFO	223
A.4.4	Import in den ESRI-Formaten SHAPE und E00	224
A.5	Koordinatenumrechnung mit m.proj und Kartentransformation mit r.proj/v.proj . . .	224
A.6	Definition von Postscript-Treibern in GRASS	227
A.7	Steuerungsdatei für ps.map: Beispiel „Moordaten.psmap“	228
A.8	Allgemeine Hinweise	231
A.8.1	Benutzung der UNIX-Textwerkzeuge für GIS-Datenaufbereitung	231
A.8.2	Typische Farbwerte für topographische Karten	234
A.8.3	Informationen zu LANDSAT-TM-Satellitendaten	234
B	GNU Free Documentation License	237
	Index	244

Abbildungsverzeichnis

1	GRASS in der KDE-Umgebung unter Linux	11
2	Aufbau eines Inhaltsverzeichnisses bei UNIX	13
3	Aufbau eines Verzeichnisbaums bei UNIX	14
4	Datenstrukturen im GIS: Raster-, Vektor-, Punkt- und Sachdaten	21
5	Vergleich der Auflösung einer Ellipse im Vektor- bzw. Rasterformat	23
6	Datendimensionen im Geographischen Informationssystem	23
7	GRASSLinks-Beispielanwendung: GRASS als Online-GIS	29
8	Das Gauß-Krüger-Koordinatensystem mit zwei Beispielpunkten A und B	31
9	Allgemeiner Datenaustausch bei GRASS	36
10	Benutzung von GRASS mit der graphischen Benutzeroberfläche „TclTkGRASS“	39
11	Prinzipielle Definition einer <i>xy-location</i> bzw. einer Gauß-Krüger- <i>location</i>	42
12	Vereinfachter Kartenimport gescannter Karten über Geocodierung mit Passpunkten	49
13	Import und Geocodierung gescannter Karten in GRASS	58
14	Wege zur Umwandlung von Raster- in Vektordaten	65
15	Auswirkungen von Rasterdaten-Verschneidung mit <i>r.patch</i> bzw. <i>r.mapcalc</i>	68
16	„Moving-window“-Methode bei Kartenalgebra im Rasterformat	72
17	Wege zur Umwandlung von Vektor- in Rasterdaten	79
18	Vektortypen im GIS: Vektorlinie und Vektorfläche	81
19	Die <i>Snapping</i> -Funktion im GIS	84
20	„Over-“ und „undershoots“ bei der Vektordigitalisierung	85
21	Korrektur von „Spaghetti-Digitalisierung“	86
22	Auswirkungen der Verschneidung von Vektorkarten mit <i>v.patch</i> bzw. <i>v.cutter</i>	91
23	Wege zur Umwandlung von Punktdaten in Vektor- oder Rasterdaten	98
24	Dreidimensionale Ansicht eines Höhenmodells mit Schummerung	101
25	Kartenherstellung mit <i>xfig</i>	108
26	Geologische Rasterkarte mit überlagerten Bodentypgrenzen im Vektorformat (Spearfish-Datensatz)	113

27	Bodenkarte mit überlagerten Flüssen im Vektorformat und Punktdaten (Spearfish-Datensatz)	124
28	Animations-Menü	126
29	Erstellung synthetischer Höhenmodelle mit r.surf.fractal	136
30	Ermittlung von Einzugsgebieten mit r.watershed (Schummerungsdarstellung mit Expositions-karte durch d.his)	140
31	Affin-Transformation eines Satellitenbildes	145
32	Berechnungen im Koordinatenformular zum Import in <i>xy-locations</i>	145
33	BIL-/BSQ-Formular zur Datenbandspezifikation in <i>i.tape.other</i>	148
34	Häufigkeitsverteilung der Pixelwerte zweier Satellitenbildkanäle im zweidimensionalen Merkmalsraum (Beisp.: LANDSAT-TM)	156
35	Hauptachsentransformation zur Datenreduktion im Merkmalsraum zweier Satellitenbildkanäle	165
36	Abbildung von Datenpunkten als standardisierte Datenvektoren mit den zugehörigen ersten Hauptkomponenten-Vektoren in Kreisdarstellung und als Punktdaten in Koordinatendarstellung	166
37	Auflösungsverbesserung von Satellitenbildern	167
38	Frequenzverteilung im Fourierspektrum	169
39	Standardfilter zur Bildverbesserung bei der Fouriertransformation	170
40	Realspektrum eines fouriertransformierten Satellitenbildes mit Störsignalen	171
41	Geländeabbildung auf Kartenebene und Luftbildebene	176
42	Bezeichnungen im Luftbild	177
43	Rahmenmarken im Luftbild	184