

Präprozessor Janet



*Gebietszerlegung für den Einsatz
von parallelen numerischen Verfahren
zur Strömungssimulation*

smile consult GmbH
www.smileconsult.de

Version 2.0 (6.4.2006)



Weiterentwicklung von Janet 2005



1.1 Zielstellung

Ziel der Weiterentwicklung ist ein separates Softwarepaket bzw. -tool für die Gebietszerlegung, welches sowohl als Kommandozeilen-Tool in einer Shell (nicht-grafisch, im folgenden Partitionierer genannt), aus einem externen Programmpaket (durch Anstoßen des Programms `partitioner`) als auch aus der grafischen Benutzeroberfläche von Janet ausgeführt werden kann. Generell unterscheiden sich die aufgeführten Ausführungsarten für die Gebietszerlegung darin, dass die beiden erstgenannten Optionen auf der Basis der Eingangsdaten (Gitterdatei, Wichtungsdaten zur Lastbalanzierung und Anzahl der Partitionen) als Ergebnis unmittelbar die Ausgabedaten (Teilgitter, Zuordnungstabelle Element → Gebiet(e), Nachbarschaftsinformationen, etc.) erzeugen, wohingegen eine Ausführung aus Janet heraus es dem Anwender ermöglicht, die einzelnen Schritte im Ablauf der Partitionierung sukzessive auszuführen, zu visualisieren, zu analysieren und dabei gegebenenfalls durch manuelles Editieren in den Gesamtprozess einzugreifen.

Die Umsetzung wird auf Basis der existierenden, frei verfügbaren parallelen Bibliothek ParMetis (aktuelle Version 3.1) vorgenommen. Voruntersuchungen der Bibliotheken Metis und dessen Weiterentwicklung ParMetis haben ergeben, dass die Partitionierung von hybriden Gitternetzen, welches für die MPI-Version des Verfahrens UnTRIM benötigt wird, von der ParMetis-Bibliothek unmittelbar unterstützt wird, wohingegen die Metis-Bibliothek die Konvertierung des hybriden Gitters in einen ungerichteten Graphen in einer externen Implementierung erfordern würde.

Installation und technische Voraussetzungen



2.1 Technische Voraussetzungen

Die Umsetzung der Gebietszerlegung auf der Basis der Methoden der ParMetis-Bibliothek erfordert die Installation der Implementierung des MPI-Interfaces und das Executable eines externen C-Programmes `partitioner.c`. Entgegen der Konzeption des Präprozessors Janet ist somit keine vollständige Plattformunabhängigkeit gegeben. Dennoch wurde die Einbindung der Funktionalität für die Gebietszerlegung derart in das Installationspaket von Janet aufgenommen, dass für die Windows-Plattform eine vorkonfigurierte und damit ohne externe Installationen lauffähige Version bereitsteht und für weitere Plattform eine Anpassung mit geringen Aufwand erfolgen kann.

2.2 Installation für Windows (32-Bit)

Die Installation des Gebietszerlegers (sowohl für das Standalone als auch für das Gebietszerlegungsmodul von Janet) erfolgt durch Einbindung des Pfades `<Installationsverzeichnis>\lib\metis\win` in der Umgebungsvariablen `PATH` im Startskript.

Eine mögliche Erweiterung des Startskriptes von Janet könnte wie folgt aussehen (Auszug):

```
set JANET_PATH=c:\janet20
set METIS_LIB=%JANET_PATH%\lib\metis\win
```

```
set PATH=%JDK_PATH%\jre\bin;%JANET_PATH%;%JANET_PATH%\lib;%JANET_PATH%\lib\proj4_no-
kis\win32;%METIS_LIB%
```

In dem referenzierten Verzeichnis befinden sich die Dynamic Link Libraries von MPICH2, ein unter cygwin kompiliertes Executable des C-Programmes `partitioner.c` sowie die entsprechende `cygwin.dll`. Mit dieser Konfiguration ist die die Gebietszerlegung über die Benutzeroberfläche von Janet ohne externe Installationen auf der Windows Plattform anwendbar.

Für die Ausführung des Standalones in einer Shell müssen analog zu der Ausführung von Janet die externen Java-Bibliotheken (jar-files) und die Umgebungsvariablen gesetzt sein. Hierzu bietet es sich an, ein Shellskript `partition_env.bat` zu erstellen, welches den gleichen Aufbau wie das Startskript von Janet besitzt, jedoch ohne den Aufruf des Janet-Frontends (Zeile: `java -Xmx500M de.smile.gui.janet.JanetGui`). Nach Ausführung des Konfigurationsskriptes ist das Standalone in der Shell ausführbar.

2.3 Installation für weitere Plattformen

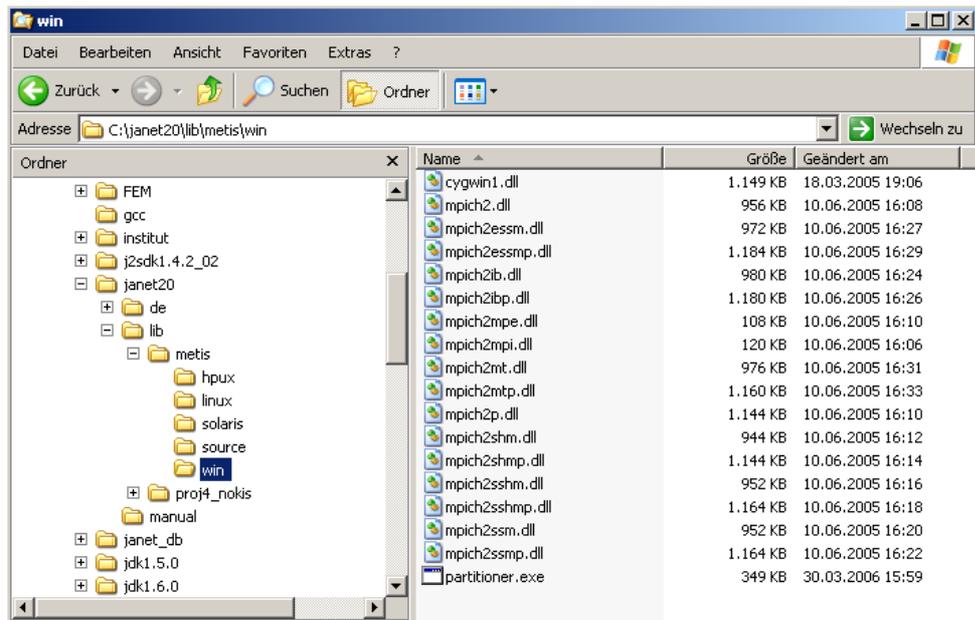


Abbildung 2-1. Organisation der externen Bibliotheken und Executables des Partitionierers für Windows

2.3 Installation für weitere Plattformen

Für weitere Plattformen steht (derzeit noch) keine vorkonfigurierte Installation zur Verfügung. Die Einbindung der Gebietszerlegung erfolgt über die folgenden Schritte

- Lokale Installation einer Implementierung des MPI-1 Interfaces
- Compilation des C-Programmes `partitioner.c` und Bereitstellung des Executables `partitioner` im Installationspaket (vergl. Abbildung 2-2)

Die Quellen für das Utility `partitioner.c` mitsamt einem Makefile befindet sich im Verzeichnis `<Installationsverzeichnis/lib/metis/source/partitioner_c_source.zip>`.

Bei der Umsetzung der Gebietszerlegung wurde eine "Quasi-Plattformunabhängigkeit" angestrebt. Dieses bedeutet, dass Executables, die für unterschiedliche Plattformen erzeugt wurden, im Installationspaket abgelegt werden können. Hierzu stehen für ausgewählte Plattformen Unterverzeichnisse zur Verfügung (vergl. Abbildung 2-2), in die das compilierte Programm `partitioner` kopiert werden muss. Innerhalb der Java-Klassen für die Gebietszerlegung werden unterschiedliche Plattformen durch Abfrage der System-Eigenschaften unterschieden und die entsprechende Version von `partitioner` zur Ausführung gebracht.

2.3 Installation für weitere Plattformen, Fortsetzung

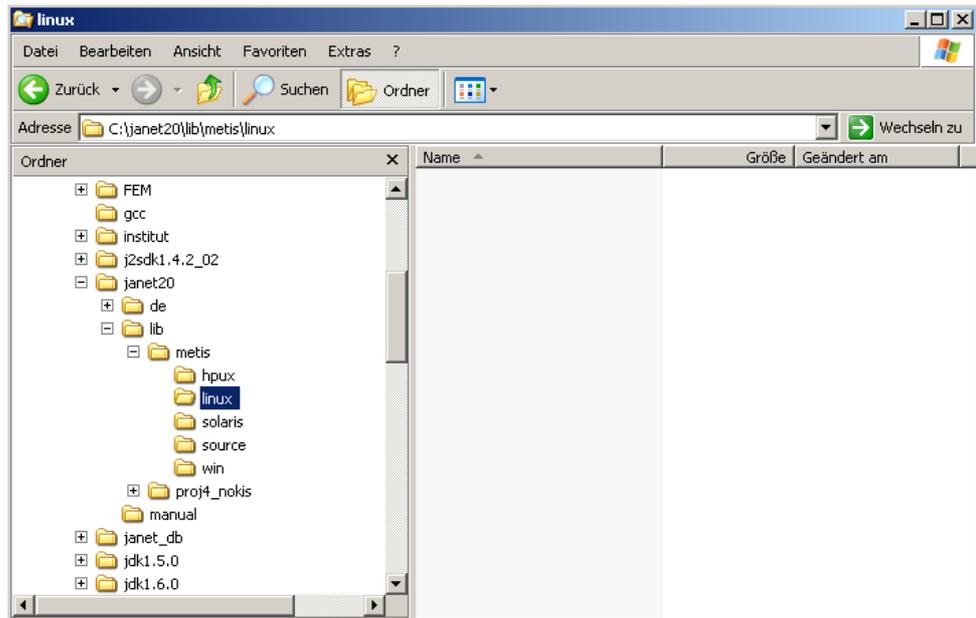


Abbildung 2-2. Verzeichnis zur Ablege des Executables für Linux

3.1 Überblick

Die Funktionalität zur Erstellung, Nachbearbeitung und Analyse von Gebietszerlegungen sowie deren Export in die spezifischen Dateiformate für die HN-Verfahren TELEMAC und UnTRIM wird über das Modul "Gebietszerlegung" bereitgestellt.

Das Modul enthält die nachfolgend aufgelisteten Funktionen, deren Anwendung in den nächsten Abschnitten anhand von einzelnen Beispielen beschrieben werden soll.

Wichtungen erzeugen

Mit Hilfe der Funktionen "Gewichte erzeugen" und "Gewichte editieren" können den Elementen eines Gitters Gewichte (Ganzzahlwerte im Intervall [0;100]) zugewiesen werden. Die Vergabe von Gewichten beeinflusst die Elementzahlen in den Teilgebieten bei der Gebietszerlegung (siehe Anwendungsbeispiel). Die Verwendung von Gewichten ist optional.



Gewichte erzeugen



Gewichte editieren

Gebietszerlegung erzeugen

Eine Gebietszerlegung wird mit der Funktion "Gebietszerlegung erzeugen" erstellt (Partitionierung auf der Basis der ParMetis-Bibliothek). Die erzeugte Gebietszerlegung beschreibt hierbei zunächst die Zuordnung der Gebiete (bzw. deren Gebietsnummern) zu den einzelnen Elementen. Diese Zuordnungen können mit Hilfe der Funktion "Gebietszerlegung editieren" im Nachlauf sowohl manuell als auch algorithmisch modifiziert werden.



Gebietszerlegung erzeugen



Gebietszerlegung editieren

Gebietszerlegung analysieren

Die Analyse von Gebietszerlegungen gibt Aufschluss über Knoten-, Kanten- und Elementzahlen in den einzelnen Teilgebieten und erlaubt die vertiefte Analyse der entstehenden Kommunikationspaare.

3.2 Erstellung einer ungewichteten Gebietszerlegung



Gebietszerlegung analysieren

Import / Export

Beim Export einer Gebietszerlegung in die spezifischen Dateiformate für TELEMAC oder UnTRIM werden die relevanten Dateien (Gesamtgitter, Teilgitter, Zuordnungstabelle, Nachbarschaftsinformationen, etc.) generiert. Eine auf diesem Wege geschriebene Gebietszerlegung kann über den Import erneut geladen werden. Beim Import wird das Ausgangsgitter und die Zuordnungstabelle (Element zu Gebiet) gelesen.



Gebietszerlegung importieren



Gebietszerlegung exportieren

3.2 Erstellung einer ungewichteten Gebietszerlegung

Das erste Beispiel soll das generelle Vorgehen zur Erzeugung einer Gebietszerlegung für ein beliebiges Gitter demonstrieren. Eine Gebietszerlegung für ein unstrukturiertes Gitter bestehend aus Drei- und/oder Viereckselementen wird durch Aufruf der Funktion "Gebietszerlegung erzeugen" aus dem Modul Gebietszerlegung generiert.

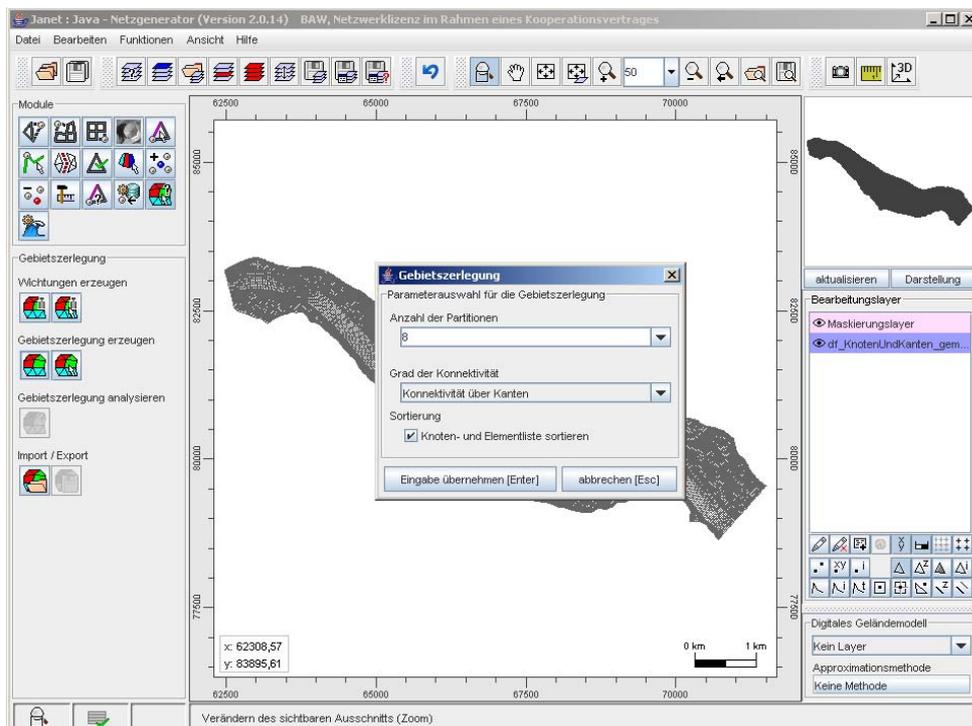


Abbildung 3-1. Einstellung der Optionen für die Erzeugung einer Gebietszerlegung

Neben der Auswahl der Anzahl der Partitionen stehen die Optionen "Grad der Konnektivität" und "Sortierung" für die Ausführung des Partitionierers zur Verfügung. Die Sortierung der Knoten- und Elementliste ermöglicht die Reproduzierbarkeit der generierten Gebietszerlegungen. Die Erfahrungen

3.2 Erstellung einer ungewichteten Gebietszerlegung, Fortsetzung

mit der Partitionierung auf Basis der Metis/ParMetis-Bibliothek haben gezeigt, dass die Ausgangssortierung der Gitterobjekte einen Einfluss auf das Ergebnis der Zerlegung hat. Eine identische Gebietszerlegung eines Gitters mit unveränderter Topologie erfordert stets auch eine gleichbleibende Sortierung. Die Option "Grad der Konnektivität" ist ein Steuerparameter für die Funktionen der ParMetis-Klassenbibliothek (nähere Informationen im Kapitel "Softwaretechnische Realisierung"). In der Regel liefert die Defaulteinstellung "Konnektivität über Kanten" gute Ergebnisse.

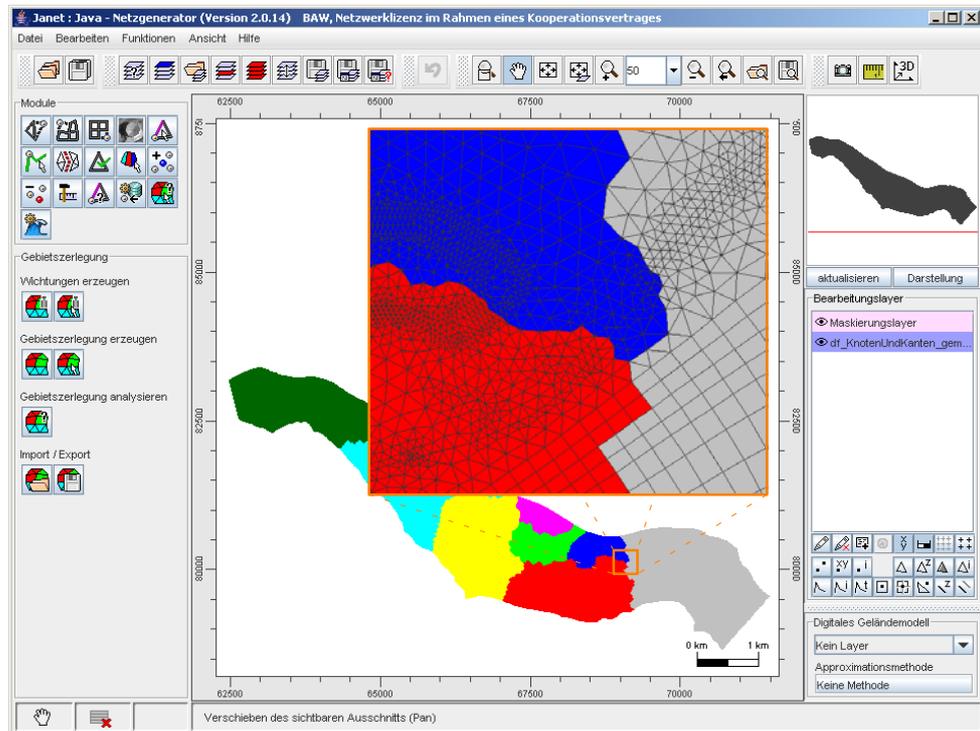


Abbildung 3-2. Ergebnis der Gebietszerlegung

Das Ergebnis einer Gebietszerlegung ist zunächst die Zuordnung der Elemente zu den einzelnen Gebieten, was in obiger Darstellung durch eine farbige Kodierung der Elemente auf der Grundlage der zugeordneten Gebietsnummern visualisiert ist.

3.2.1 Anpassung der Darstellung einer Gebietszerlegung

Für die Darstellung einer Gebietszerlegung stehen unterschiedliche Visualisierungsmethoden zur Verfügung, welche im Dialogfenster der erweiterten Darstellungseinstellungen auf der hinzugefügten Karteikarte "Gebietszerlegung" modifiziert werden können. In der nachfolgenden Abbildung sind die Gebietsgrenzen hervorgehoben und die Gebietsnummern neben der farblichen Kodierungen alphanumerisch an die Elemente geplottet.

3.2 Erstellung einer ungewichteten Gebietszerlegung, Fortsetzung

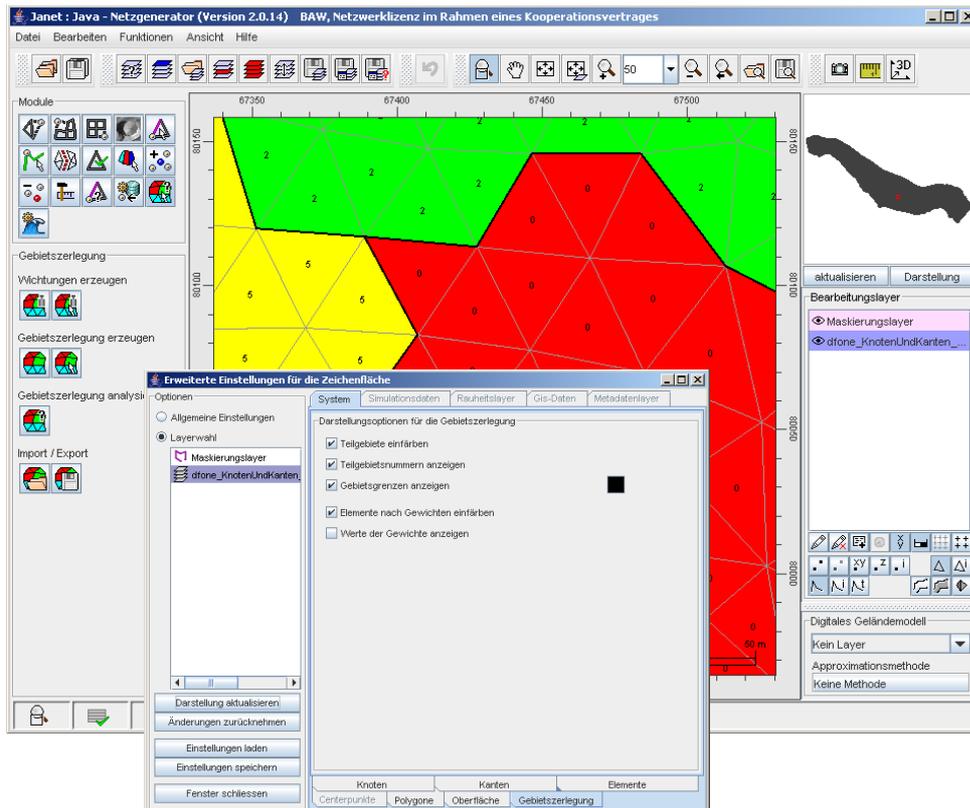


Abbildung 3-3. Modifikation der Darstellung einer Gebietszerlegung

3.2.2 Nachbearbeitung der Gebietszuordnungen

Die erzeugten Zuordnungen zwischen Gebieten und Elementen können im Nachlauf der automatischen Partitionierung mit ParMetis modifiziert werden. Eine Nachbearbeitung kann beispielsweise dann sinnvoll sein, wenn

- Gebietsgrenzen aus hydraulischer Sicht ungünstig verlaufen oder
- Teilgebiete in mehrere Zusammenhangskomponenten zerfallen.

Hierzu steht die Funktion "Gebietszerlegung editieren" zur Verfügung, mit der Zuordnungen entweder interaktiv mit der Maus oder auch bereichsweise mit Hilfe der Maskierungsfunktionalität verändert werden können.

Die interaktive Gebietszuordnung eines einzelnen Elementes wird durch Anlicken des jeweiligen Objektes auf der Zeichenfläche und anschliessender Wahl der neuen Gebietsnummer aus der Liste aller Gebieten vorgenommen (Abbildung 3-4).

Für die bereichsweise Neuzuordnung von Elementen steht im Popup-Menu (rechte Maustaste auf der Zeichenfläche) die Bearbeitungsfunktion "Gebietszuordnungen editieren" zur Verfügung. Diese Bearbeitungsfunktion ermöglicht die Zuweisung einer Gebietsnummer zu Elementen auf der Basis der Maskierungseinstellungen. Insbesondere die Verwendung eines Maskierungspolygones, innerhalb dessen Grenzen eine Neuzuweisung erfolgen soll, stellt eine effiziente Möglichkeit dar, eine Nachbearbeitung durchzuführen.

3.2 Erstellung einer ungewichteten Gebietszerlegung, Fortsetzung

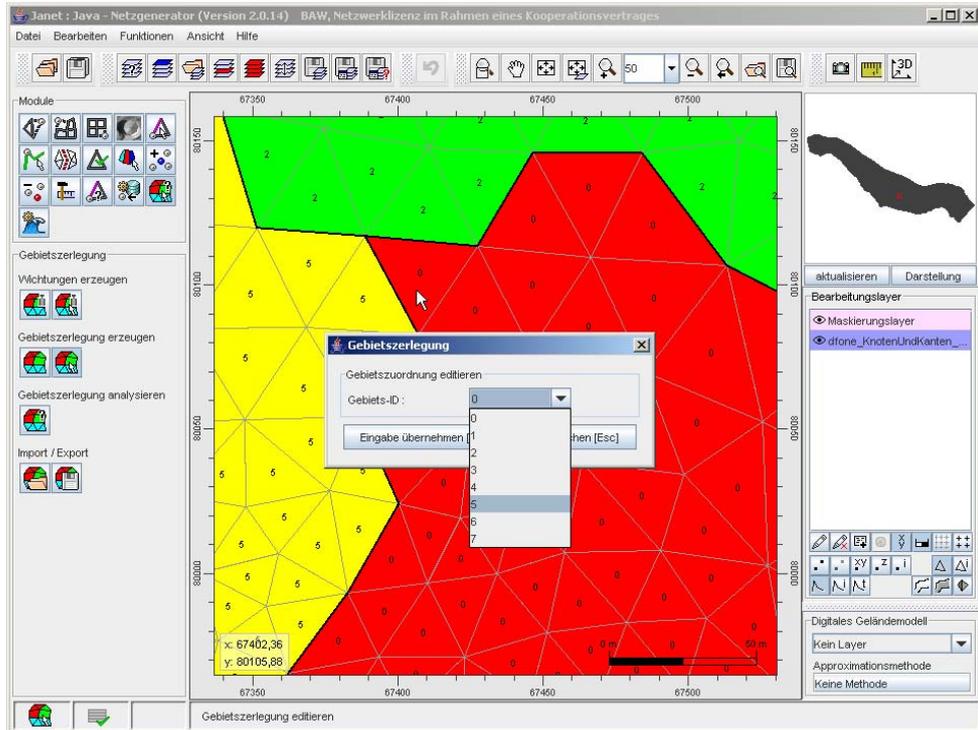


Abbildung 3-4. Interaktive Modifikation der Gebietszuordnung eines Elementes

3.2.3 Analyse einer Gebietszerlegung

Die Funktion "Gebietszerlegung analysieren" erlaubt die detaillierte Untersuchung einer Partitionierung nach unterschiedlichen Gesichtspunkten.

Analyse der Gebietsgrößen

Die Analyse der Teilgebetsgrößen gibt Aufschluss über die Anzahl von Knoten, Kanten und Elementen in den einzelnen Teilgebieten. Die Auflistung weist zudem die Anzahl von Objekten mit bestimmten Eigenschaften (Interfaces, externe Halos) in den jeweiligen Gebieten aus.

The screenshot shows the 'Analyse der Gebietszerlegung' dialog box with the 'Teilgebetsgrößen' tab selected. The table below summarizes the data presented in the screenshot.

Teilgebiet	Farbe	Knoten (I)	Kanten (I)	Elemente	Gesamtgewicht
0	Red	2912 (131)	7749 (130)	4968	0.125
1	Blue	2547 (117)	7429 (116)	4947	0.125
2	Green	2557 (146)	7434 (145)	4956	0.125
3	Magenta	2636 (69)	7768 (68)	5142	0.125
4	Cyan	3177 (113)	8266 (111)	5201	0.125
5	Yellow	2920 (118)	8091 (116)	5172	0.125
6	Grey	2949 (49)	7916 (48)	4968	0.125
7	Dark Green	3102 (51)	8320 (50)	5219	0.125

(I: Interface-Knoten oder -Kanten, EH: External-Halo-Knoten, -Kanten oder -Elemente)

Abbildung 3-5. Analyse der Gebietsgrößen

Analyse der Zusammenhangskomponenten

Diese Analysfunktion erleichtert das Auffinden von Teilgebieten, die in mehr als eine Zusammenhangskomponente (=Elementbereiche ohne Nachbar-

3.2 Erstellung einer ungewichteten Gebietszerlegung, Fortsetzung

schaft) zerfallen. In der Regel sollte jedes Teilgebiet genau eine Zusammenhangskomponente besitzen.

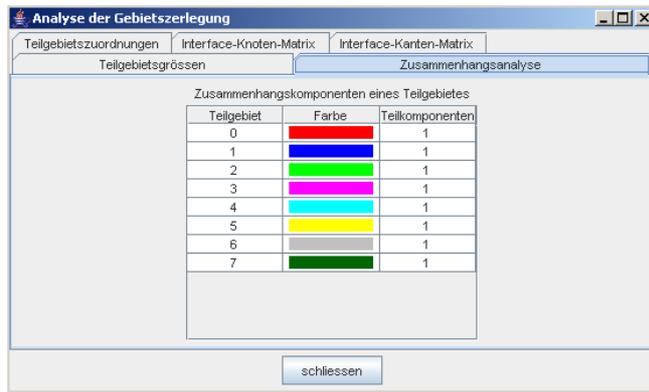


Abbildung 3-6. Zusammenhangsanalyse

Analyse der Teilgebiete an den Knoten (UnTRIM: Elemente)

Die Auflistung erfolgt nach der Anzahl von Knoten (UnTRIM: Elemente) denen 0, 1, 2, ... N unterschiedliche Teilgebiete zugeordnet sind. Für das Modellverfahren Telemac muss eine Zuordnung von mehr als 4 Teilgebieten an einem Knoten vermieden werden, was mit dieser Analysefunktion untersucht werden kann.

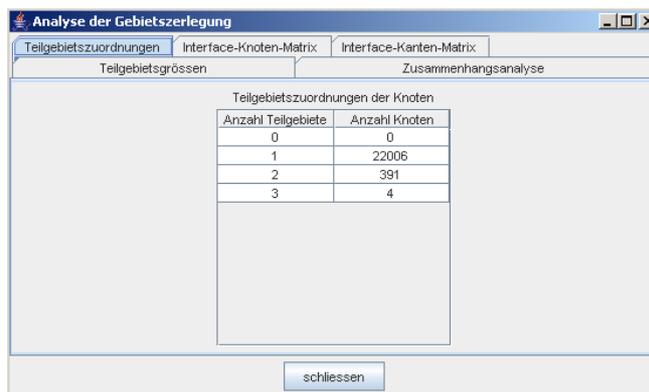


Abbildung 3-7. Unterschiedliche Teilgebiete an den Knoten

Interfaceknoten-Matrix

Aus dieser Darstellungsform sind die Kommunikationspaare (benachbarte Teilgebiete) mitsamt der Anzahl der Interfaceknoten ersichtlich.

3.2 Erstellung einer ungewichteten Gebietszerlegung, Fortsetzung

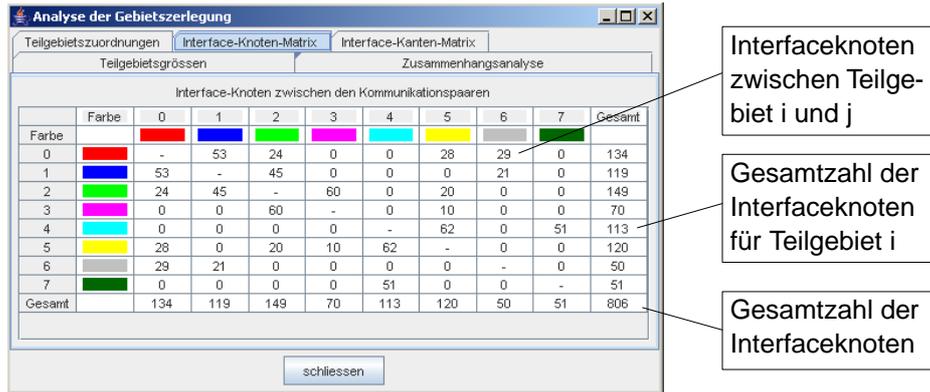


Abbildung 3-8. Interfaceknoten-Matrix

Interfacekanten-Matrix

Analog zur Interfaceknoten-Matrix jedoch für die Interfacekanten zwischen benachbarten Teilgebieten.

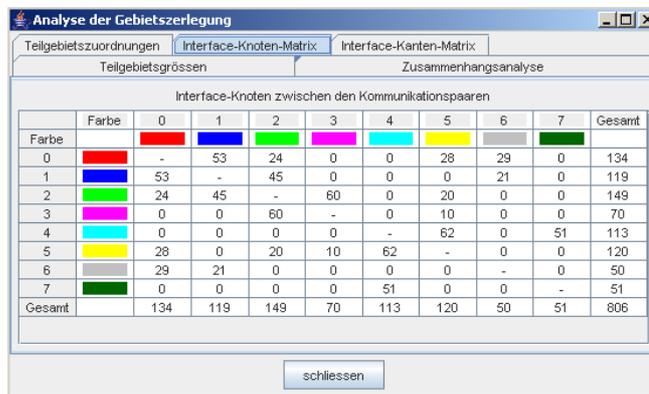


Abbildung 3-9. Interfacekanten-Matrix

3.3 Erstellung einer gewichteten Gebietszerlegung für TELEMAC

In diesem Beispiel soll eine Gebietszerlegung für einen Flussabschnitt mit ausgeprägten Vorlandbereichen erzeugt werden, welcher bei einem Niedrigwasserabfluss mit TELEMAC2D simuliert werden soll.

3.3 Erstellung einer gewichteten Gebietszerlegung für TELEMAC, Fortsetzung

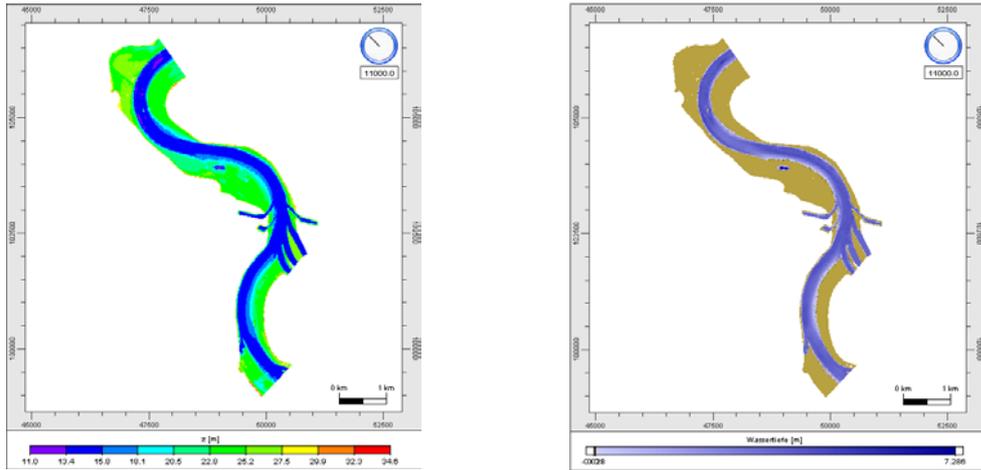


Abbildung 3-10. Topographie des Gitters (links) und Simulationsergebnis für die Wassertiefe (rechts)

Für das Beispiel liegt eine Ergebnisdatei vor, aus welcher eine Gebietszerlegung mit 64 Partitionen als Restartdatei generiert werden soll. Um eine günstigere Auslastung der einzelnen Rechenknoten zu erzielen, soll die Partitionierung als gewichtete Gebietszerlegung erzeugt werden. Elemente mit "nassen" Knoten sollen hierbei ein höheres Gewicht zugeordnet werden als Elemente auf dem Vorland, die ausschliesslich "trockene" Knoten enthalten. Die Gewichte werden mit Hilfe des Ergebnissatzes "Wassertiefe" und einer Übertragungsfunktion automatisch generiert.

Im ersten Schritt wird das Gitter im Telemac-Selafin-Format mit einem Ergebnissatz in den Präprocessor importiert.

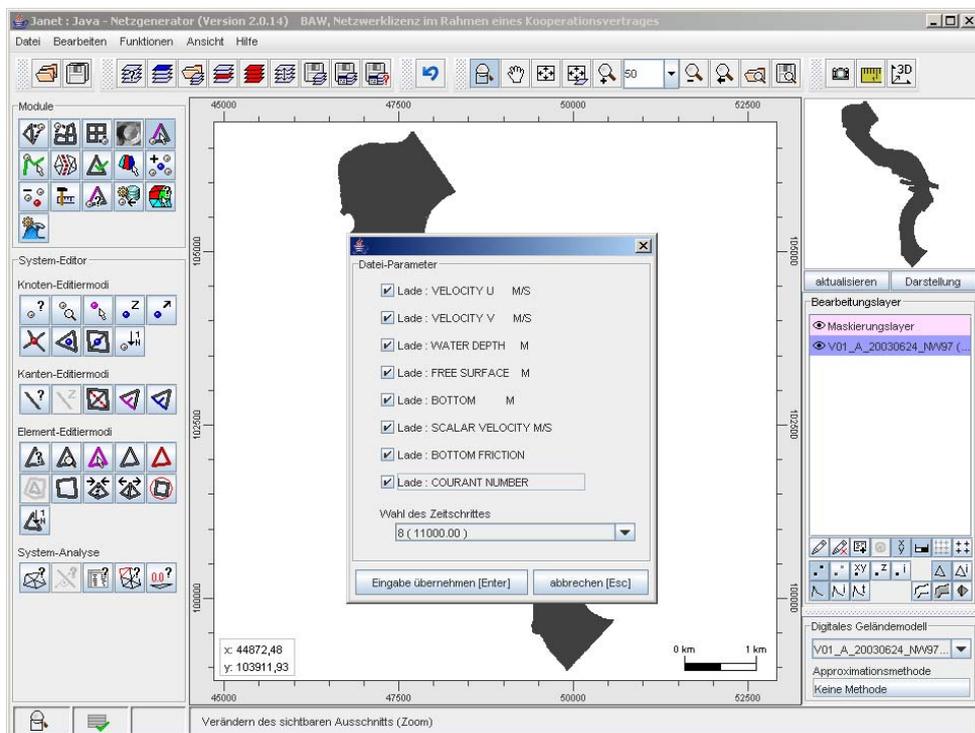


Abbildung 3-11. Laden des Gitters: Auswahl der Ergebnisparameter

3.3 Erstellung einer gewichteten Gebietszerlegung für T ELEMAC, Fortsetzung

Die Erstellung der Gewichte und die Erzeugung der Gebietzerlegung selbst wird in dem Layer vorgenommen, welcher die Topographie (Telemac-Identifizier: "BOTTOM") enthält. Dieser Layer wird als aktiver Layer eingestellt.

Die Generierung der Gewichte erfolgt mit der Funktion "Gewichte erzeugen". Im Dialogfenster (Abbildung 3-12) zur Auswahl der Methodik, wird die Option "Gewichte aus Layer mit Wasserständen erzeugen" gewählt. Entsprechend wird in der Auswahlbox der Layer mit dem Ergebnissatz der Wassertiefe (Telemac-Identifizier: "WATER_DEPTH") eingestellt. Mit der Optionen "2D" oder "3D" wird zudem festgelegt, wie die Übertragungsfunktion zwischen Wassertiefe und Gewichten lauten soll:

- 2D: "nass", Wassertiefe >0.1 w=100
 "trocken", Wassertiefe <0.1 w=1
- 3D: $w=(\text{Wassertiefe}-\text{Wassertiefe,min})/(\text{Wassertiefe,max}-\text{Wassertiefe,min}) * 100$

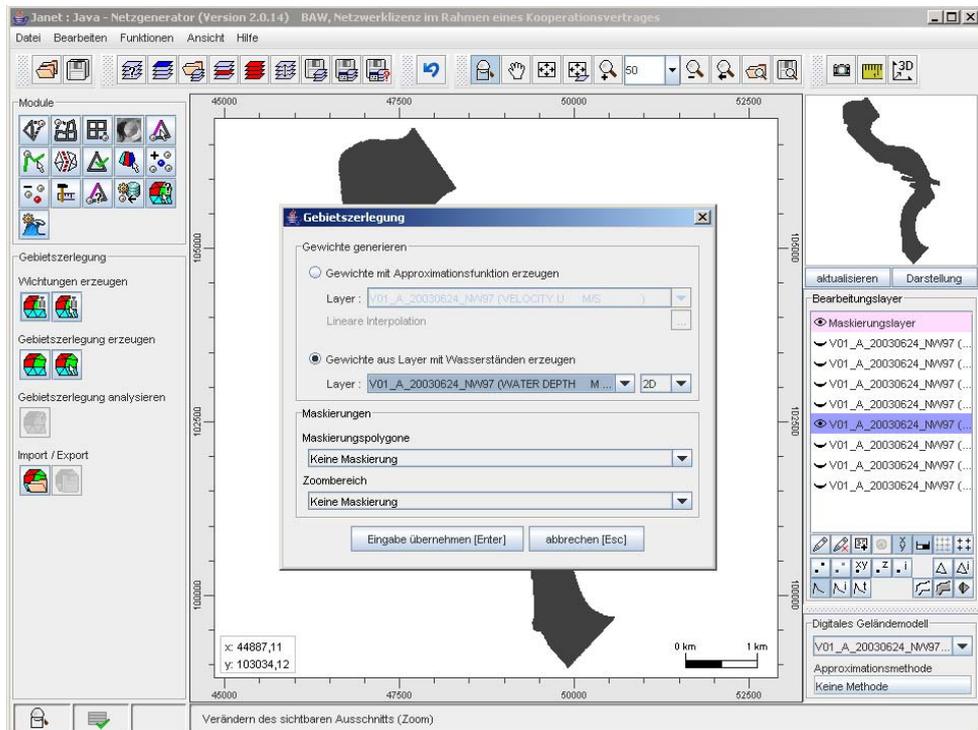


Abbildung 3-12. Auswahl der Methode zur Erzeugung der Gewichte

Für eine Einstellung "2D" erzeugt die Übertragungsfunktion für das vorliegende Beispiel die folgende Gewichtsverteilung:

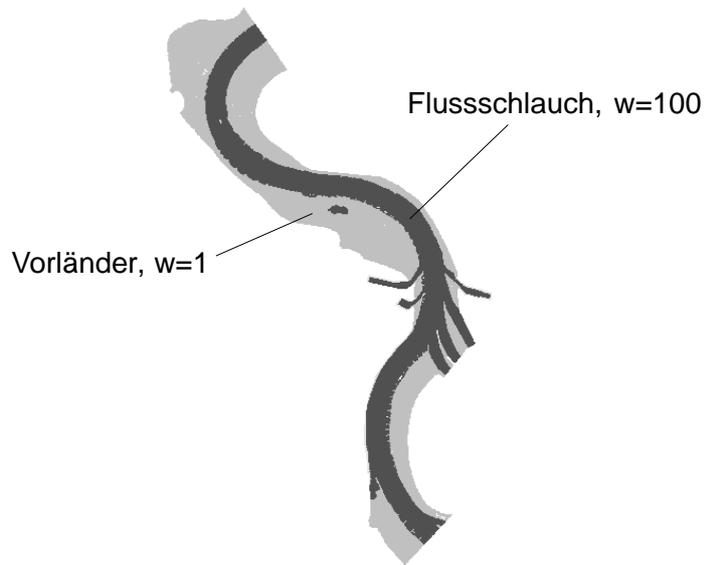


Abbildung 3-13. Verteilung der Gewichte

Beim Aufruf der Funktion "Gebietszerlegung erzeugen" (siehe Kapitel 3.2) werden die Gewichte automatisch bei der Generierung der Partitionierung berücksichtigt. Das Ergebnis der gewichteten Gebietszerlegung für 64 Partitionen im Vergleich zu einer ungewichteten Zerlegung illustriert die nachfolgende Abbildung.

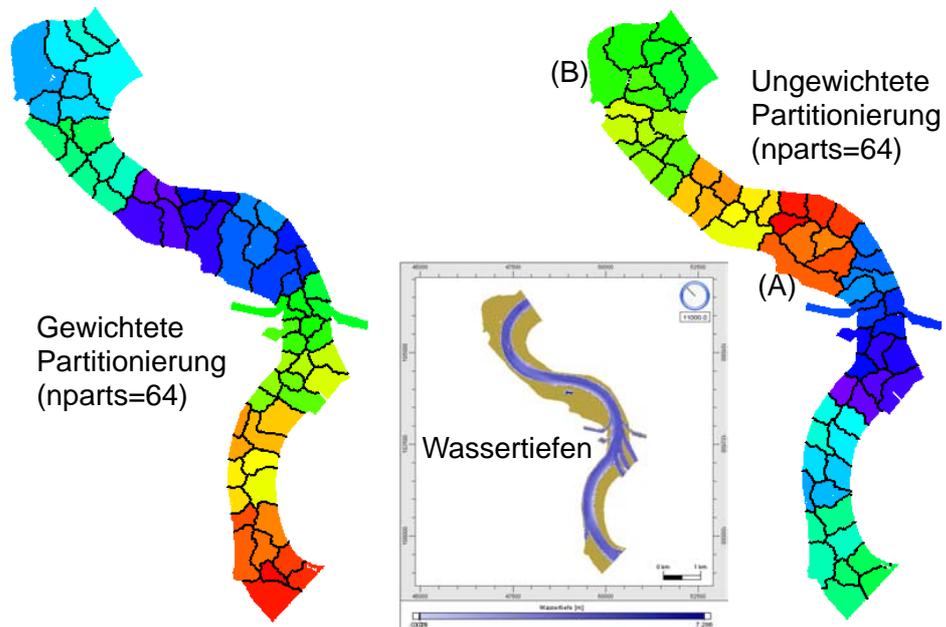


Abbildung 3-14. Vergleich der Partitionierung mit und ohne Gewichten

Die Darstellung der Gebietszerlegung mit und ohne Gewichtung verdeutlicht, dass keine Partitionen entstehen, die vollständig im Vorlandbereich liegen, also ausschliesslich "trockene" Knoten besitzen (z.B. Markierungen A und B). Weiterhin ist zu beobachten, dass Teilgebiete mit Vorlandbereichen grössere Elementzahlen besitzen.

3.3 Erstellung einer gewichteten Gebietszerlegung für T ELEMAC, Fortsetzung

Eine Analyse der Elementzahlen in den Teilgebieten verdeutlicht diese Einschätzung.

Teilgebiet	Farbe	Knoten (I)	Kanten (I)	Elemente	Gesamtgewicht
0		1056 (98)	2960 (97)	2002	0.016
1		874 (89)	2460 (88)	1645	0.015
2		1298 (114)	3679 (113)	2464	0.015
3		1657 (96)	4802 (97)	3175	0.015
4		1731 (155)	4865 (154)	3271	0.015
5		1167 (105)	3360 (105)	2227	0.015
6		951 (67)	2732 (66)	1812	0.016
7		913 (63)	2654 (62)	1742	0.016
8		1013 (82)	2837 (81)	1906	0.016
9		954 (90)	2667 (89)	1786	0.016
10		1718 (139)	4895 (138)	3271	0.016
11		899 (89)	2568 (89)	1707	0.016
12		2077 (157)	5960 (156)	3960	0.015
13		1550 (123)	4492 (123)	2967	0.016
14		841 (87)	2389 (86)	1579	0.016
15		1006 (73)	2922 (72)	1917	0.016
16		2285 (105)	6525 (104)	4342	0.016
17		1507 (101)	4323 (100)	2680	0.016
18		885 (92)	2497 (92)	1676	0.016
19		1256 (134)	3533 (133)	2352	0.016
20		1449 (117)	4149 (116)	2763	0.016
21		1814 (107)	5222 (106)	3449	0.015
22		1077 (60)	3069 (59)	2040	0.016
23		1017 (118)	2917 (117)	1901	0.016

Abbildung 3-15. Vergleich der Partitionierung mit und ohne Gewichten

Die Erzeugung der Gewichte wurde in diesem Beispiel exemplarisch anhand einer Übertragungsfunktion und einem Ergebnissatz mit Wasserständen gezeigt. Für die Generierung der Gewichte stehen jedoch weitere Vorgehensweisen zur Verfügung. So können Gewichte auf einfache Weise mit der Funktion "Gewichte editieren" und einem Maskierungspolygon erzeugt werden.

3.3.1 Export der Partitionierung in das parallele Selafin-Format

Der Export des Gitters in das parallele Selafin-Format wird mit der Funktion "Gebietszerlegung exportieren" vorgenommen. Der Export erfolgt in zwei Schritten:

- Schreiben der Selafin-Restartdatei des unzerlegten Gitters und der Randbedingungsdatei
- Generierung der zerlegten Dateien auf Basis der im vorangegangenen Schritt erzeugten Dateien

Die Durchführung des ersten Schrittes entspricht dem allgemeinen Vorgehen zum Schreiben einer Restartdatei für TELEMAC.

3.4 Erstellung einer Gebietszerlegung für UnTRIM, Fortsetzung

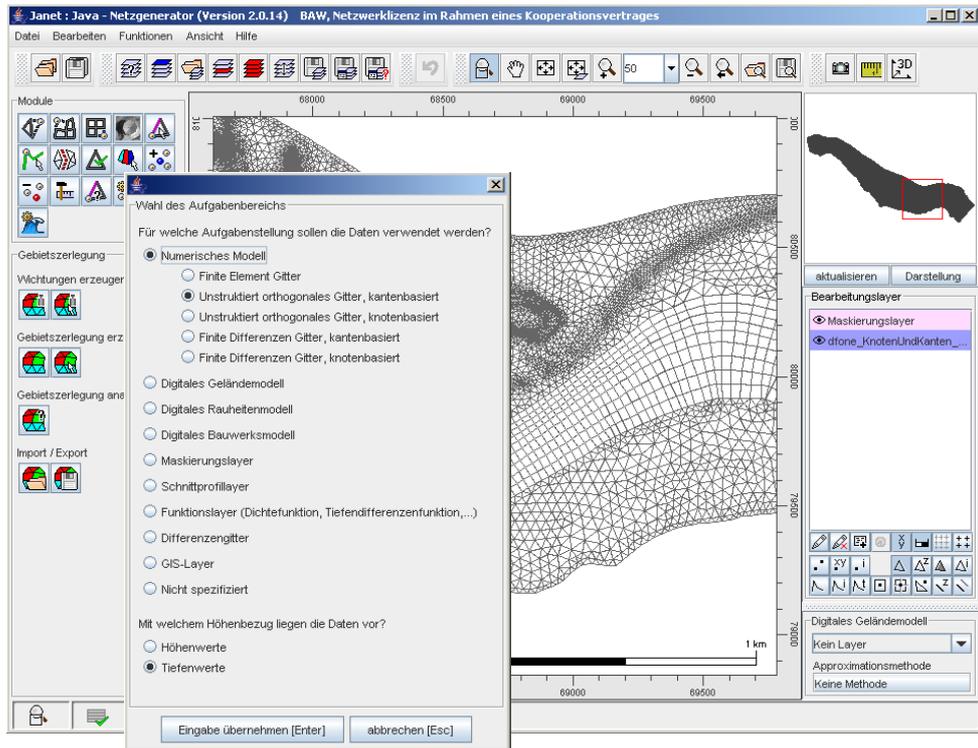


Abbildung 3-17. Gitter für das Modellverfahren UnTRIM

Nach der Ausführung der Funktion "Gebietszerlegung erzeugen" (vergleiche Kapitel 3.2) werden die für das Modellverfahren erforderlichen Elementüberlappungen automatisch generiert. Abbildung zeigt die Gebietszerlegung mit den Gebietsgrenzen (schwarz) und den Halo-Elementen (grau gefüllt).

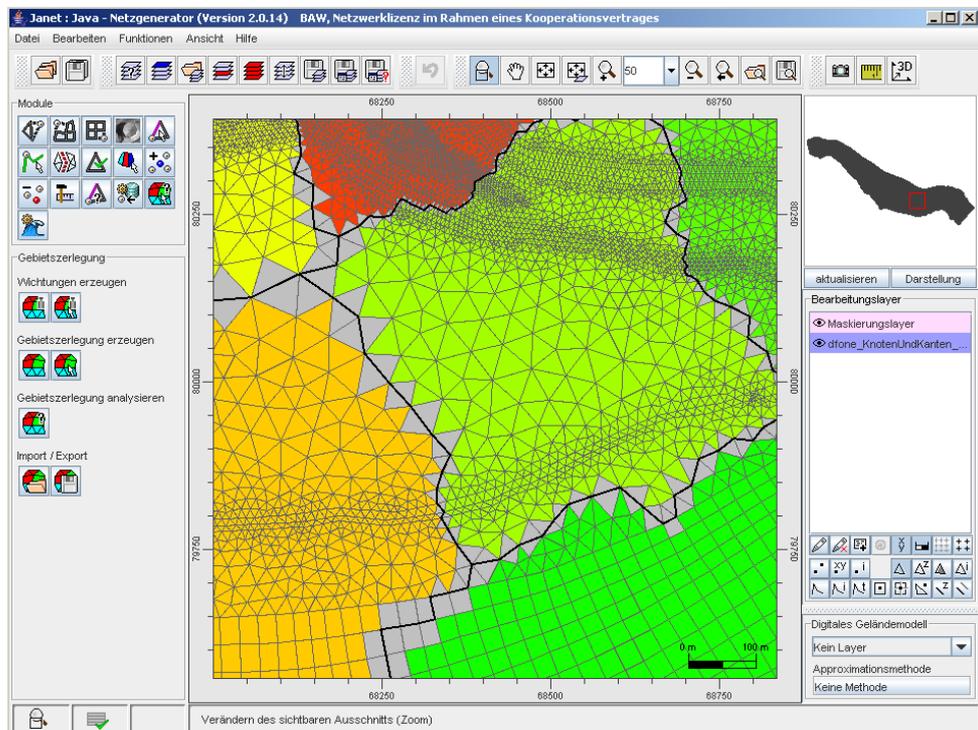


Abbildung 3-18. Teilgebiete mit eingefärbten Halo-Elementen

3.4 Erstellung einer Gebietszerlegung für UnTRIM, Fortsetzung

Die Elementüberlappungen spiegeln sich auch in der Darstellung der zugeordneten Gebietsnummern wider. Die erste Gebietsnummer der Aufzählung entspricht der vom Partitionierer generierten Gebietsnummer, die weiteren Nummern entsprechen den Gebieten denen das Element als externes Halo zugeordnet ist.

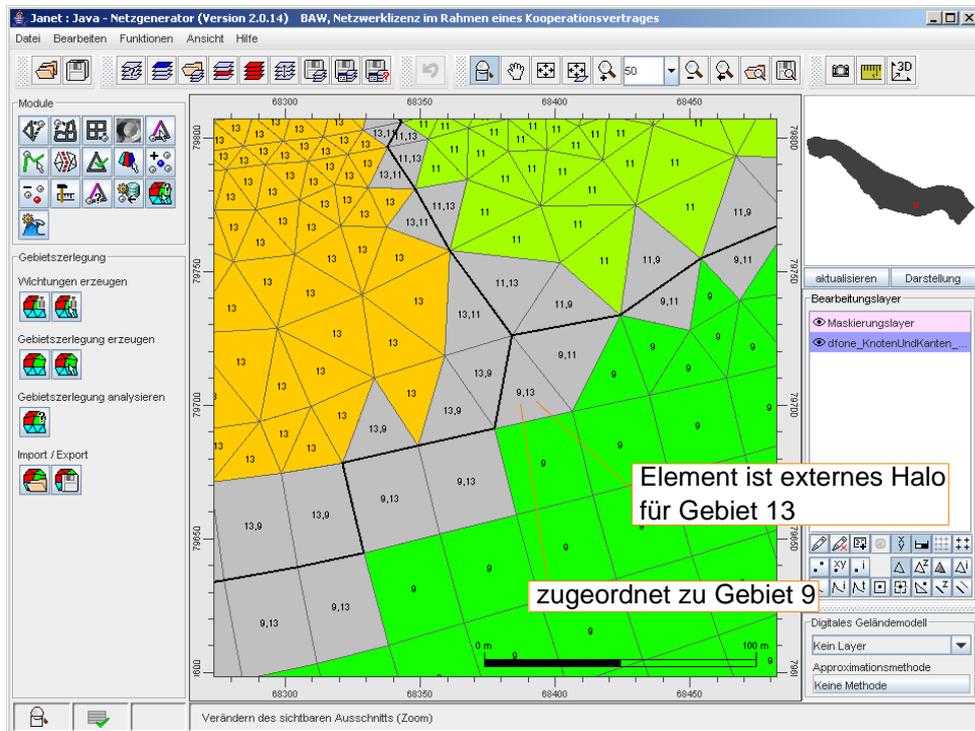


Abbildung 3-19. Elemente mit Gebietsnummern

Für die Auswertung von Gebietszerlegungen für UnTRIM ist die Analysefunktionalität um die Karteikarte "External-Halo-Matrix" erweitert. Mit dieser Matrix können die Überlappungen zwischen den einzelnen Teilgebieten untersucht werden. Auch in den weiteren Analysemethoden werden Gitterobjekte von externen Halo-Elementen gesondert ausgewiesen.

The screenshot shows the 'Analyse der Gebietszerlegung' window with the 'External-Halo-Matrix' tab selected. The matrix is titled 'External-Halo-Elemente zwischen den Kommunikationspaaren' and shows the following data:

Farbe	0	1	2	3	4	5	6	7	Gesamt
0	-	52	23	0	0	26	26	0	127
1	52	-	44	0	0	0	20	0	116
2	23	44	-	59	0	19	0	0	145
3	0	0	59	-	0	9	0	0	68
4	0	0	0	0	-	55	0	47	102
5	26	0	19	9	55	-	0	0	108
6	26	20	0	0	0	0	-	0	46
7	0	0	0	0	47	0	0	-	47
Gesamt	126	116	145	68	102	109	46	47	759

Abbildung 3-20. Matrix mit der Anzahl der externen Halo Elementen zwischen den Teilgebieten

3.4.1 Export der Partitionierung in das parallele UnTRIM-Format

Basierend auf der generierten "überlappenden" Partitionierung kann ein Export des Gitters für die parallisierte Version von UnTRIM (Ausgabeformat Stand Anfang 2006) vorgenommen werden. Der Export erfolgt in zwei Schritten:

- Schreiben der UnTRIM.grd-Datei des unzerlegten Gitters
- Generierung der zerlegten Dateien auf Basis der im vorangegangenen Schritt erzeugten Datei

Nach Ablauf des Exports stehen folgende Dateien zur Verfügung:

<filename>.grd	Ausgangsgitter
<filename>.srs	Quellendatei
<filename>.grd.xxx-yyy	Teilgitter: yyy von xxx (gesamt)
<filename>.srs.xxx-yyy	Quellen des Teilgitters
<filename>.mrg.xxx	Zuordnungen: globale zu lokalen Nummern
<filename>.epart.xxx	Gebietszuordnungen der Elemente (ParMetis)

Standalone-Partitionierer



4.1 Verwendung des Standalone-Partitionierers

Der Standalone-Partitionierer ist in die Klassenbibliothek der Janet-Software integriert und wird mit dem Kommando

```
java -mx500m de.smile.tools.partitionier [-options]
```

ausgeführt. Für eine erfolgreiche Ausführung des Standalones müssen externe Java-Bibliotheken eingebunden und Umgebungsvariablen gesetzt sein (siehe auch Kapitel "Installation und technische Voraussetzungen" und Beispielskript `partitionier_env.bat`).

Folgende Optionen sind als Übergabeparameter zugelassen:

<code>-format <untrim telemac></code>	Spezifikation des Modells
<code>-input_file_name <file></code>	Parameter aus einer Datei im Listgrd-Format lesen
<code>-mesh_file_name <file></code>	Gitterdatei
<code>-conlim_file_name <file></code>	Randbedingungsdatei (nur TELEMAC)
<code>-source_file_name <file></code>	Quellendatei (nur UnTRIM)
<code>-byte_order_input <le be></code>	Byteorder der Eingangsdatei (nur TELEMAC)
<code>-byte_order_output <le be></code>	Byteorder der Ausgangsdatei (nur TELEMAC)
<code>-nparts <value></code>	Anzahl der Partitionen
<code>-pmethod <1 2></code>	Methode der Partitionierung
<code>-weights <none unweighted 2D 3D></code>	Automatische Wichtung (derzeit nur TELEMAC)

Die Reihenfolge der Optionen bei der Übergabe der Parameter ist beliebig. Für die aufgeführten Optionen sind zudem Defaultwerte vorgesehen, so dass lediglich die Angabe des Formates mit `-format` obligatorisch ist.

Defaultwerte:

<code>-mesh_file_name</code>	UnTRIM: <code>input.grd</code>	TELEMAC: <code>mesh.sel</code>
<code>-conlim_file_name</code>	<code>cli</code>	
<code>-source_file_name</code>	<code>input.srs</code>	
<code>-byte_order_input</code>	<code>be</code>	
<code>-byte_order_output</code>	wird gesetzt auf Byteorder der Eingangsdatei	
<code>-nparts</code>	<code>4</code>	
<code>-pmethod</code>	<code>1</code>	
<code>-weights</code>	<code>none</code>	

Bei der Verwendung einer Input-Datei kommen die oben aufgeführten Schlüsselwörter ohne das vorangestellte "-"-Zeichen zum Einsatz. Eine

4.2 Beispielaufruf für TELEMAC

gültige Eingabedatei (hier beispielhaft für UnTRIM) würde demnach wie folgt aussehen:

```
&listprt
  nparts=4,
  mesh_file_name='input.grd'
  source_file_name='input.srs'
/
```

Die Eingabedatei kann weitere Zuweisungen besitzen, diese werden jedoch überlesen.

4.2 Beispielaufruf für TELEMAC

Ein einfacher Aufruf für die Partitionierung eines Gitters für TELEMAC lautet beispielsweise:

```
java -mx500m de.smile.tools.partitioner -format telemac
-mesh_file_name mesh.sel -conlim_file_name conlim.dat -nparts 16
```

4.3 Beispielaufruf für UnTRIM

Ein einfacher Aufruf für die Partitionierung eines Gitters für UnTRIM lautet beispielsweise:

```
java -mx500m de.smile.tools.partitioner -format untrim
-mesh_file_name untrim.grd -source_file_name untrim.srs -nparts 16
```

Anhang: Softwaretechnische Realisierung



5.1 Umsetzung des Partitionierers

Für die Umsetzung des Partitionierers wird generell angestrebt, so weit wie möglich auf die vorhandenen Funktionen der Softwarebibliotheken von Janet (implementiert in Java) und ParMetis (implementiert in C) aufzusetzen, um redundante Reimplementierungen zu vermeiden. Die Funktionsweise des Partitionierers wird in Form einer Prozesskette realisiert, wobei die Datenübergabe zwischen den jeweiligen Softwarebibliotheken über die (Standard-) Dateischnittstellen der genannten Bibliotheken ausgeführt wird. Mit dieser Vorgehensweise soll zudem sichergestellt werden, dass die Portierung auf zukünftige ParMetis-Versionen problemlos erfolgen kann.

Ziel der Weiterentwicklung ist ein separates Softwarepaket bzw. -tool für die Gebietszerlegung, welches sowohl als Kommandozeilen-Tool in einer Shell (nicht-grafisch, im folgenden *partitioner* genannt), aus einem externen Programmpaket (durch Anstoßen des Programms *partitioner*) als auch aus der grafischen Benutzeroberfläche von Janet ausgeführt werden kann. Generell unterscheiden sich die aufgeführten Ausführungsarten für die Gebietszerlegung darin, dass die beiden erstgenannten Optionen auf der Basis der Eingangsdaten (Gitterdatei, Wichtungsdaten zur Lastbalazierung und Anzahl der Partitionen) als Ergebnis unmittelbar die Ausgabedaten (Teilgitter, Zuordnungstabelle Element → Gebiet(e), Nachbarschaftsinformationen, etc.) erzeugen, wohingegen eine Ausführung aus Janet heraus es dem Anwender ermöglicht, die einzelnen Schritte im Ablauf der Partitionierung sukzessive auszuführen, zu visualisieren, zu analysieren und dabei gegebenenfalls durch manuelles Editieren in den Gesamtprozess einzugreifen.

Schema der Gebietszerlegung mit dem *Partitionierer* und Verknüpfung mit der Oberfläche von Janet

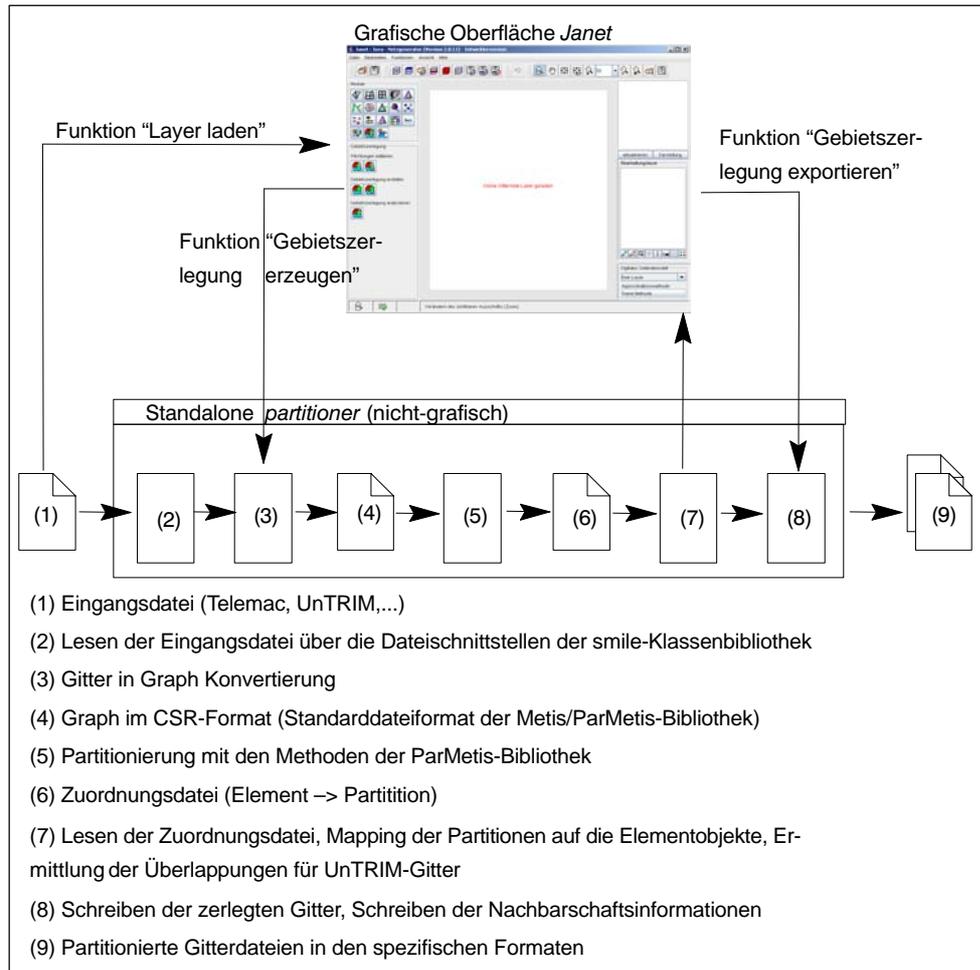


Abbildung 5-1. Grafische Darstellung des Ablaufschemas

Weitere Erläuterungen zu den in der Grafik bezeichneten Methoden und Dateiformaten zur Datenübergabe:

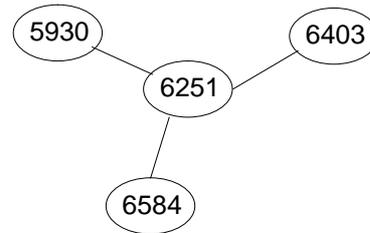
(Schritt 1): Eingangsdateien im Format Selafin (mit Ergebnissätzen), UnTRIM.grd; grundsätzlich sind alle implementierten Dateischnittstellen für Gitterformate als Eingangsdateien denkbar.

(Schritt 2): Mainmethode des Java-Programms *partitioner*, welches die Eingangsdateien einliest und die Methoden (3), (5), (7) und (8) zur Generierung der endgültigen, zerlegten Gitterdateien (Punkt 9) ausführt.

(Schritt 3): Methode (Java) zur Konvertierung eines Gitters in das Graphen-Format der Metis/ParMetis-Bibliothek. Hierbei wird ausgenutzt, dass über die topologischen Informationen der Gitter-Datenstruktur der Janet-Softwarebibliothek (die Elemente "kennen" ihre Nachbarelemente) eine Konvertierung effizient erfolgen kann. Die Generierung des dualen Graphen folgt der Methodik der Metis/ParMetis-Bibliothek zur Überführung eines Gitters in einen Graphen (vgl. Manual und Quellcode von ParMetis

3.1). Die Elemente des Gitters werden zu Knoten des Graphen, wobei für die Erzeugung der Kanten im Graph zwei Modi unterschieden werden, die den Grad der Konnektivität abbilden. Der Modus "Konnektivität über Knoten und Kanten" erzeugt im Graphen Kanten zwischen allen Elementen, die über mindestens einen Knoten zusammenhängen. Der Modus "Konnektivität über Kanten" beschränkt hingegen die Erzeugung der ungerichteten Kanten im Graphen auf benachbarte Elemente (zwei gemeinsame Knoten).

Graph für "Konnektivität über Kanten" (Ausschnitt für Element 6251)



Graph für "Konnektivität über Knoten und Kanten" (Ausschnitt für Element 6251)

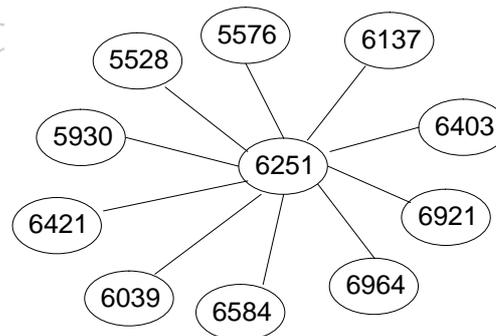


Abbildung 5-2. Beispiel: Teilgraphen für das Element 6251

Diese Unterscheidung erfolgt in Analogie zu dem Übergabeparameter `ncommonnodes` der Methode `ParMetis_V3_PartMeshKway` aus der ParMetis-Bibliothek (siehe Manual Version 3.1, Seite 22).

Anmerkung: die zunächst anvisierte Datenübergabe mit Hilfe des Gitterdateiformates wurde verworfen, da die Dateischnittstelle von ParMetis den vierten Knoten von Vierecken in gemischten Gittern stets ignoriert hat. Da das Wandeln eines Gitters in einen Graphen mit den Nachbarschaftsinformationen effizient zu realisieren war und darüberhinaus das Graphenformat (CSR-Format) optional Wichtungen enthalten kann, wurde dieser Ansatz verfolgt.

(Schritt 4): Datei im seriellen CSR-Format (vgl. Manual Metis 4.0, Kapitel 4.5, Manual ParMetis 3.1, Kapitel 4.1) zur Datenübergabe an die ParMetis-Funktionen.

Die Ausgabe kann mit oder ohne Wichtungen erfolgen. Wurden Gewichte erzeugt oder der Modus der automatischen Wichtungsgenerierung der Standalone gewählt, dann werden die Gewichte der Gitterelemente den Knoten des Graphen zugeordnet.

(Schritt 5): C-Programm `partitioner.c` welches

- den erzeugten Graphen im seriellen CSR-Format mit der Methode `ParallelReadGraph` einliest
- die Methode `ParMETIS_V3_PartKway` ausführt und
- die Elementzuordnung in eine Ausgabedatei `<filename>.epart.<n>` schreibt

Die Ausführung des Executables erfolgt mit

```
partitioner <graph-file> <output-file> <wgtflag> <nparts>
```

Parameter:

graph-file: Filename der CSR-Datei, String

output-file: Filename der Ausgabe-Datei, String

wgtflag: 0 (ungewichteter Graph) oder 2 (gewichteter Graph), int

nparts: Anzahl der Partitionen, int

(Schritt 6): Datei mit den Partitionszuordnungen in der Form
Partitionsnummer

Hierbei entspricht die Reihenfolge der Partitionsnummern der Elementnummerierung.

(Schritt 7): Einlesen der Partitionszuordnungen und Zuweisung der Teilgebiete zu den Elementobjekten durch ein Object-Mapping (Java-Klasse `java.util.HashMap`). Das Mapping sieht generell die Zuordnung eines Elementes zu mehreren Gebieten vor (wichtig für UnTRIM), so dass ein einzelnes Element mit einem Vector (beliebiger Länge) von Gebietsnummern verküpft werden kann. Die erste Gebietsnummer des Vectors ist belegt mit der von ParMetis ermittelten Nummer (aus der gelesenen Datei, siehe Punkt 6), weitere Gebiete können (optional, für UnTRIM) für die Generierung der Überlappungen angefügt werden. Mit diesem Vorgehen sind somit beliebig "breite" Überlappungsbereiche realisierbar.

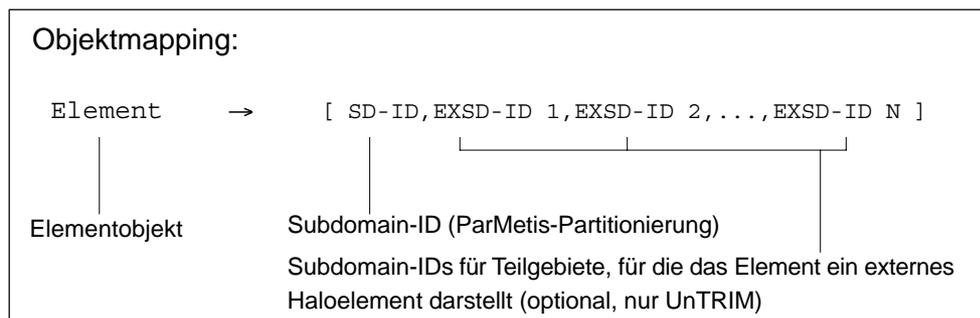


Abbildung 5-3. Mapping von Teilgebiets-IDs auf ein Element

UnTRIM:

Die Berechnung der Überlappung wurde mit einem "Überlappungskriterium" realisiert, welches lediglich die Schnittstellenmethoden definiert. Implementierungen dieser Schnittstelle mit unterschiedlicher Methodik zur Ermittlung der Überlappung erlauben die einfache Modifikation bzw. Erweiterung der umgesetzten Logik.

Schnittstelle des Überlappungskriteriums:

```
public interface OverlapCriterion {
    public boolean isExternalHaloElementForSubdomain (
        de.smile.geom.domaindecomposition.SubdomainIdMapper mapper,
        de.smile.geom.TopoElement element,
        int subdomain_id);
}
```

Implementierung des Überlappungskriteriums für eine "einfache" Überlappung (`DefaultOverlapCriterion`, Beschreibung im Pseudocode):

Die Methode `isExternalHaloElementForSubdomain` gibt "true" zurück, wenn die Teilgebiets-ID (SD-ID) des Elementobjekts `element` nicht gleich `subdomain_id` ist und das Elementobjekt mindestens ein Nachbarerelement besitzt, welches zu dem Teilgebiet `subdomain_id` gehört.

Die Zuweisung der Teilgebiete im Überlappungsbereich erfolgt durch Anwendung des Überlappungskriteriums auf sämtliche Elemente für alle vorhandenen Teilgebiete. Ist das Kriterium erfüllt, wird die Gebietsnummer dem Element als weitere Gebietszuordnung hinzugefügt.

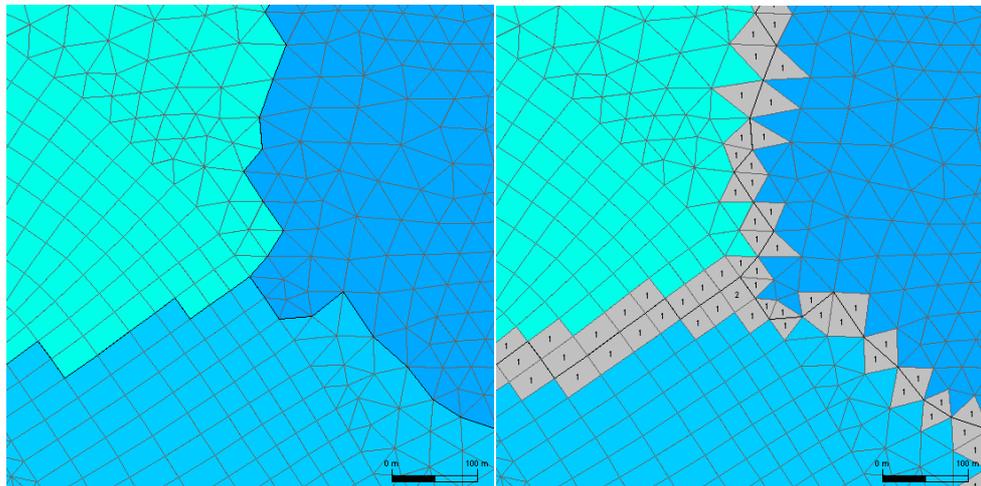


Abbildung 5-4. Gebietszerlegung ohne Überlappung (links, ParMetis-Ausgabe) und mit einfacher Überlappung (`DefaultOverlapCriterion`)

Die internen Halo-Elemente werden auf Basis der Zuweisung der externen Halo-Elemente ermittelt. Die internen Halo-Elemente sind gleichbedeutend mit den externen Halo-Elementen des angrenzenden Nachbargebietes.

(Schritt 8): Schreiben der Teilgebiete in die spezifischen Dateiformate.

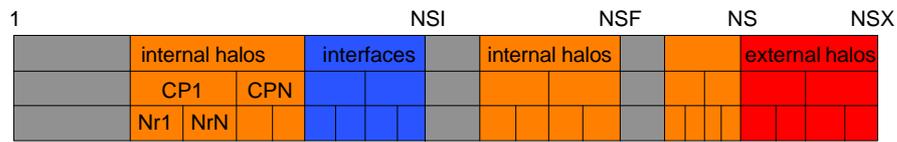
UnTRIM:

Die Ausgabe der Gebietszerlegung für UnTRIM (Ausgabeformat Stand Anfang 2006) erfordert eine spezifische Sortierung der Knoten-, Kanten- und Elementliste. Auf der Grundlage der von UnTRIM verwendeten Sortierung (1. Sortierebene), werden die Gitterobjekte der internen und externen Halos sowie der Interfaces in zusammenhängende Bereiche sortiert (2. Sortierebene). Innerhalb dieser Bereiche werden dann die Gitterobjekte zunächst nach den Kommunikationspaaren und abschliessend nach ihren globalen

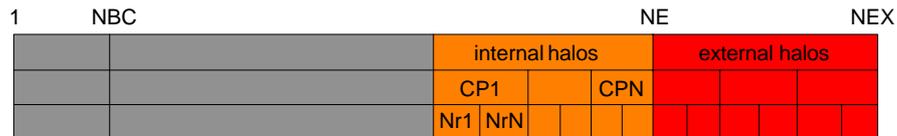
5.1 Umsetzung des Partitionierers, Fortsetzung

Knotennummern geordnet (3. und 4. Sortierebene). Das der UnTRIM-Ausgabe für parallele Rechnungen zugrundeliegende Sortierschema illustriert Abbildung 5-5.

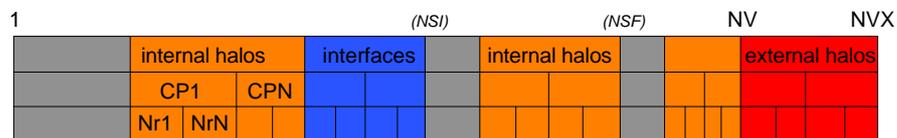
Kantensortierung



Elementsortierung



Knotensortierung (auf der Basis der Kantensortierung)



CP: Communication Pair

Nr: Globale Objektnummer

Abbildung 5-5. Sortierschemata für die UnTRIM-Ausgabe

In der Headerdatei des erweiterten Ausgabeformats werden die Parameter NVX, NSX und NEX aufgenommen, welche die durch die externen Halos erweiterten Feldbereiche beschreiben.

Jede Ausgabedatei eines Teilgitters erhält darüberhinaus im Anschluss an die Kantenliste weitere Informationen für die Kommunikation der Teilgebiete.

TELEMAC:

Das erweiterte Ausgabeformat für parallele Simulationen mit Telemac ist im Telemac User Manual beschrieben (z.B. Telemac Version 4.0, 1998, Seiten 65–68).

(Schritt 9): Nach Abschluss der Gebietszerlegung wurden für UnTRIM und Telemac die nachfolgend aufgelisteten Dateien generiert.

UnTRIM:

<filename>.grd	Ausgangsgitter
<filename>.srs	Quellendatei
<filename>.grd.xxx-yyy	Teilgitter: yyy von xxx (gesamt)
<filename>.srs.xxx-yyy	Quellen des Teilgitters
<filename>.mrg.xxx	Zuordnungen: globale zu lokalen Nummern
<filename>.epart.xxx	Gebietszuordnungen der Elemente (ParMetis)

TELEMAC:

<filename>.sel	Ausgangsgitter
<filename>.cli	Randbedingungsdatei

5.1 Umsetzung des Partitionierers, Fortsetzung

<filename>.selxxx-yyy
<filename>.clixx-yyy
<filename>.epart.xxx

Teilgitter: yyy von xxx (gesamt)
Randbedingungsdatei des Teilgitters
Gebietszuordnungen der Elemente (ParMetis)