

Geometrie- und Topologiefehler finden und korrigieren

Möglichkeiten mit QGIS und GRASS GIS

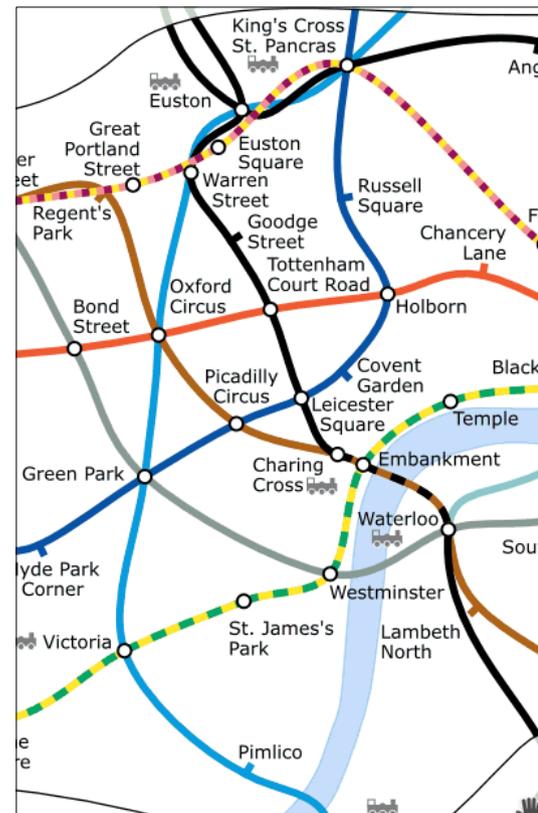
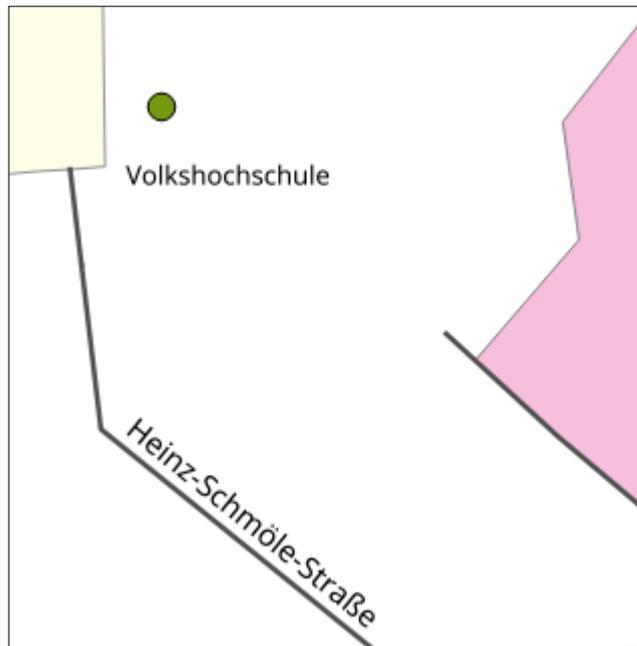
Geoinformatikbüro Dassau GmbH

Klaus Mithöfer auf der FOSSGIS 2018 in Bonn

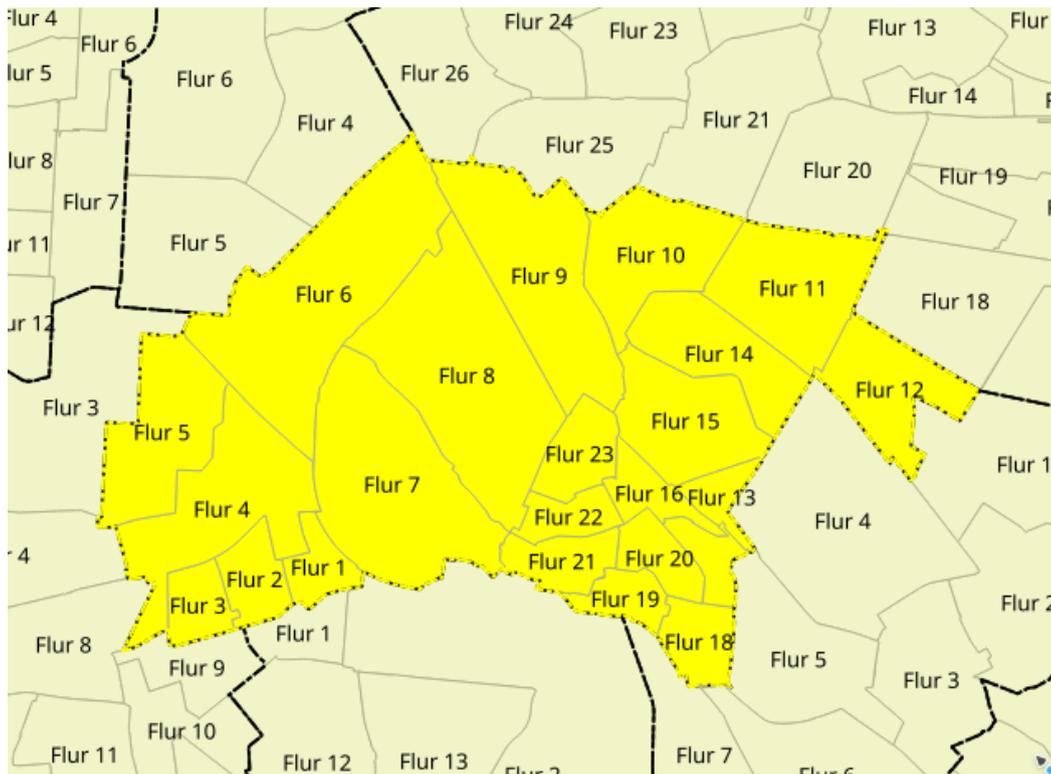
- Problematik
- Anforderungen an topologische Daten (Simple Feature)
- Werkzeuge (Plugins) zur Topologieprüfung
- Vergleichende Tests
- Geometrieprüfung in GRASS GIS
- Schlussfolgerungen

QGIS verarbeitet Geodaten im OGC Simple Feature Modell

QGIS unterstützt kein topologisches Datenmodell



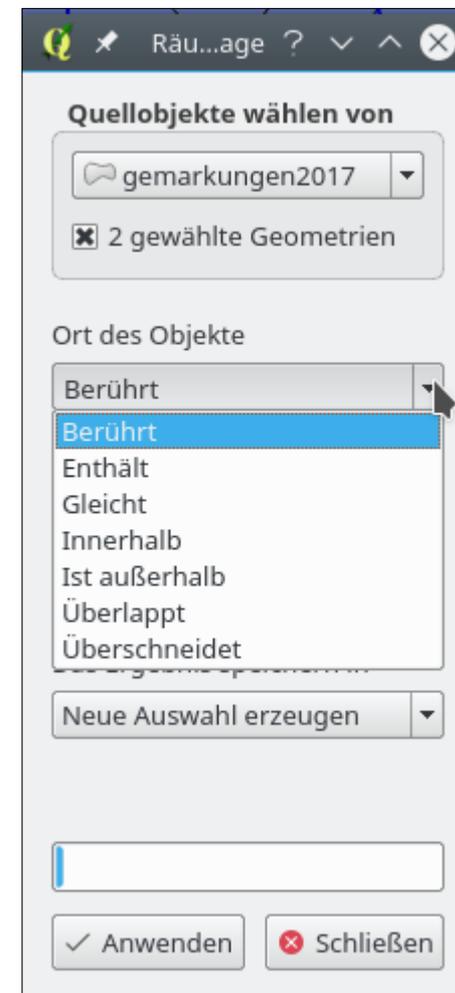
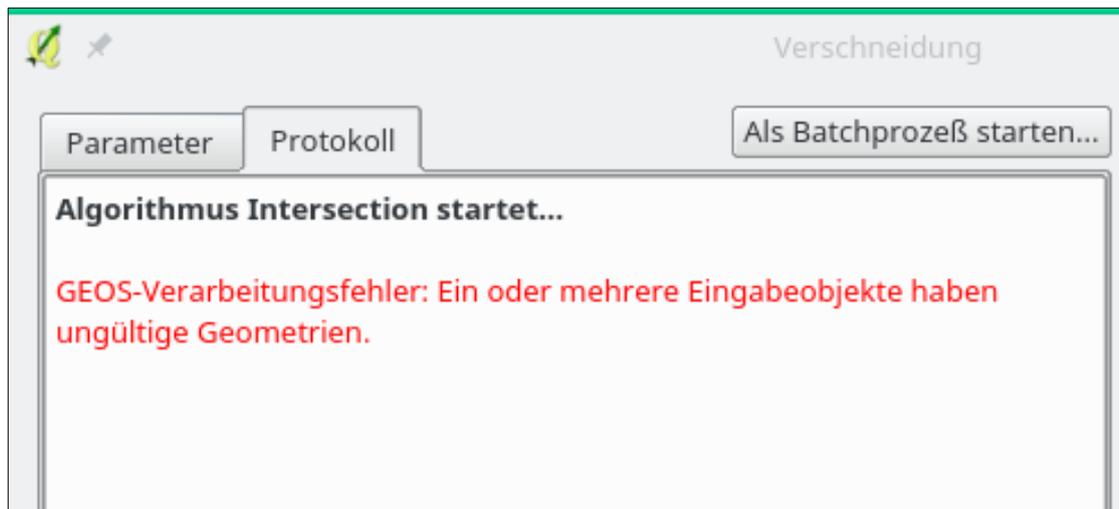
Konsistente Datenmodellierung



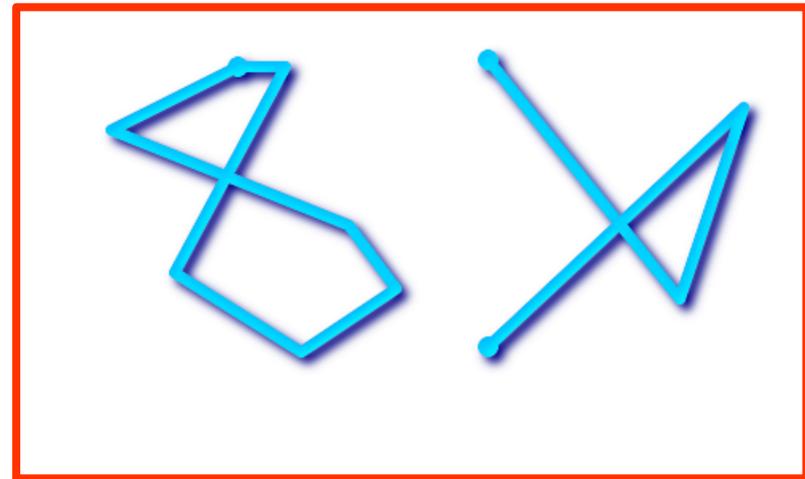
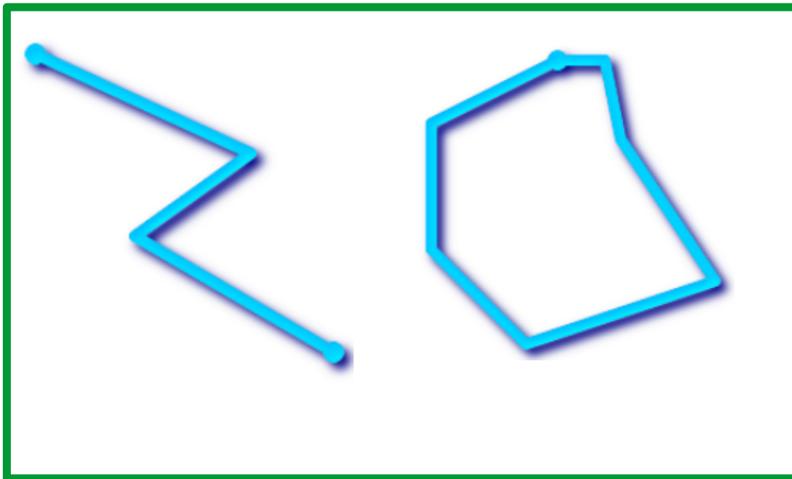
Ziele definieren:

- Gültige Geometrien nach OGC Simple Feature
- Geschlossene Polygone (Keine Überlappungen, Lücken)
- Geschlossenen Linienzüge (keine Lücken oder *dangles*)
- Gemeinsamer Grenzverlauf über Ebenen (Flurstück → Flure → Gemarkungen)

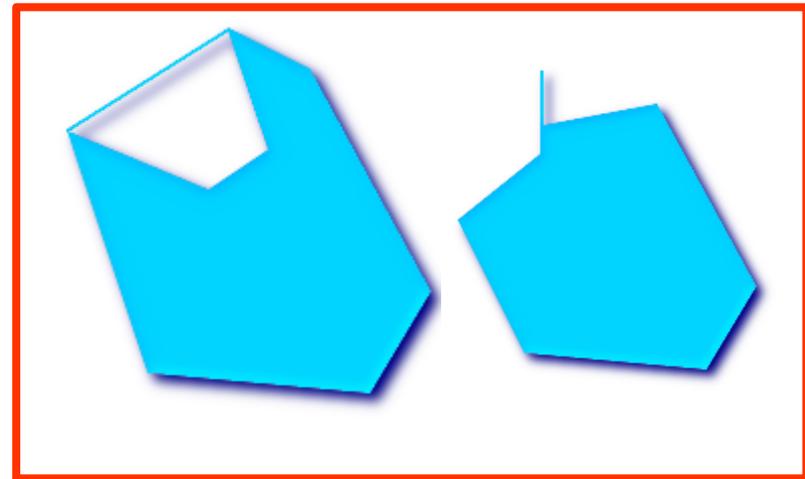
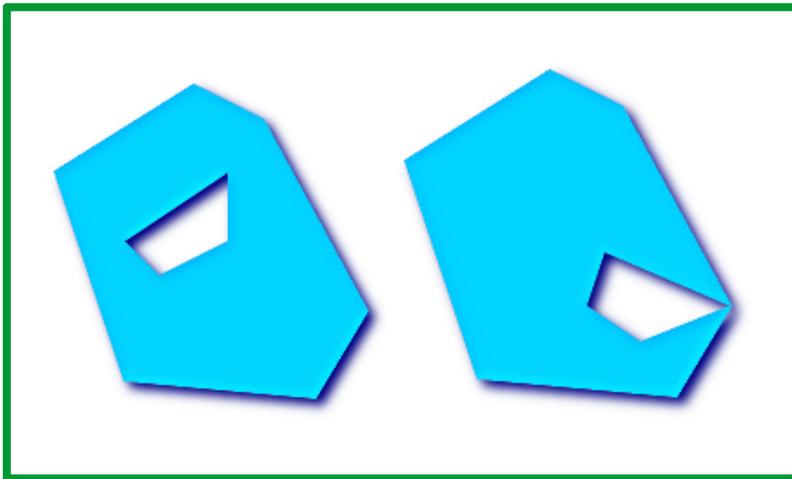
- Datenanalyse (QGIS Werkzeuge → GEOS Test)
- Räumliche Abfrage



- Einfache (simple) und gültige (valide) Geometrien nach OGC
- Eine einfache Geometrie ist eine, die keine anomalen geometrischen Punkte aufweist
 - MULTIPOINTS sind einfach, wenn keine zwei Koordinaten (POINTS) gleich sind (identische Koordinatenwerte haben).
 - Ein LINESTRING ist einfach, wenn es den gleichen POINT nicht zweimal durchläuft (außer für die Endpunkte)



- Ein Polygon ist valide wenn
 - Innerer und äußerer Ring sich nicht kreuzen
 - Punkte schneiden sich nur als Tangente
 - keine Schnittlinien oder Spikes vorliegen
 - Innenringe vollständig im Außenring enthalten sind.



- GEOS (Geometry Engine - Open Source)
- C ++ - Port der Java Topology Suite (JTS) → Ziel: vollständige Funktionalität von JTS in C ++ zu enthalten → Integration in PostGIS.
- JTS: API designend basierend auf OGC Simple Feature
- Geometrietypen: Point, LineString, Polygon, MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon, GeometryCollection
- Abfragen: Intersects, Touches, Disjoint, Crosses, Within, Contains, Overlaps, Equals, Covers
- Operationen: Union, Distance, Intersection, Symmetric Difference, Convex Hull, Envelope, Buffer, Simplify, Polygon Assembly, Valid, Area, Length,
- 2.18 → IsValid

```
bool QgsGeometry::isGeosValid( ) const
```

Checks validity of the geometry using GEOS.

Note
added in 1.5

Definition at line 1720 of file qgsgeometry.cpp.

- QgsGeometryValidator Class Reference

```
185
186 void QgsGeometryValidator::validatePolygon( int idx, const QgsPolygon &polygon )
187 {
188     // check if holes are inside polygon
189     for ( int i = 1; !mStop && i < polygon.size(); i++ )
190     {
191         if ( !ringInRing( polygon[i], polygon[0] ) )
192         {
193             QString msg = QObject::tr( "ring %1 of polygon %2 not in exterior ring" ).arg( i ).arg( idx );
194             QgsDebugMsg( msg );
195             emit errorFound( QgsGeometry::Error( msg ) );
196             mErrorCount++;
197         }
198     }
199
200     // check holes for intersections
201     for ( int i = 1; !mStop && i < polygon.size(); i++ )
202     {
203         for ( int j = i + 1; !mStop && j < polygon.size(); j++ )
204         {
205             checkRingIntersections( idx, i, polygon[i], idx, j, polygon[j] );
206         }
207     }
208
209     // check if rings are self-intersecting
210     for ( int i = 0; !mStop && i < polygon.size(); i++ )
211     {
212         validatePolyline( i, polygon[i], true );
213     }
214 }
215
```

https://qgis.org/api/2.18/qgsgeometryvalidator_8cpp_source.html

<https://qgis.org/api/2.18/classQgsGeometryValidator.html#aaf4b7cdc62c920824d5b307bcef9c0e1>

- Plugin
 - Geometrie-Werkzeuge → Gültigkeit prüfen (GEOS oder QGIS)
 - Geometrie-Werkzeuge → Geometrien prüfen (QGIS, GEOS)
 - Topologie-Prüfung (GEOS)
 - Geometry Validator (GEOS über Shapely)
- DB-Verwaltung
 - Prüfung isValid, isSimple mit SQL in PostGIS, Spatialite, geopackage und Virtual Layers (→ GEOS)
 - Virtuelle Layer: Die Engine verwendet SQLite und Spatialite zum Ausführen --> SQL der lokale Installation von Spatialite.
- GRASS GIS → topologisches Datenmodell

Gültigkeit prüfen

Gültigkeit prüfen

Parameter Protokoll Als Batchprozeß starten

Eingabelayer
fluren2017 [EPSG:25832]

Methode
Die in den Digitalisierungseinstellungen gewählte

Die in den Digitalisierungseinstellungen gewählte

- QGIS
- GEOS

Öffne Ausgabedatei nach erfolgreicher Ausführung

Ungültige Ausgabe

[Temporärlayer erzeugen] ...

Öffne Ausgabedatei nach erfolgreicher Ausführung

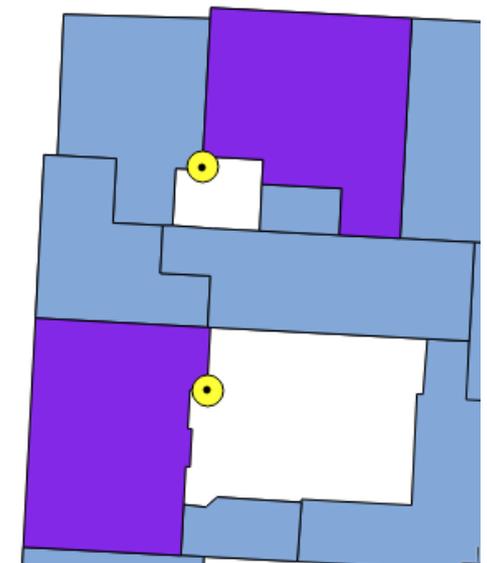
Fehlerausgabe

[Temporärlayer erzeugen] ...

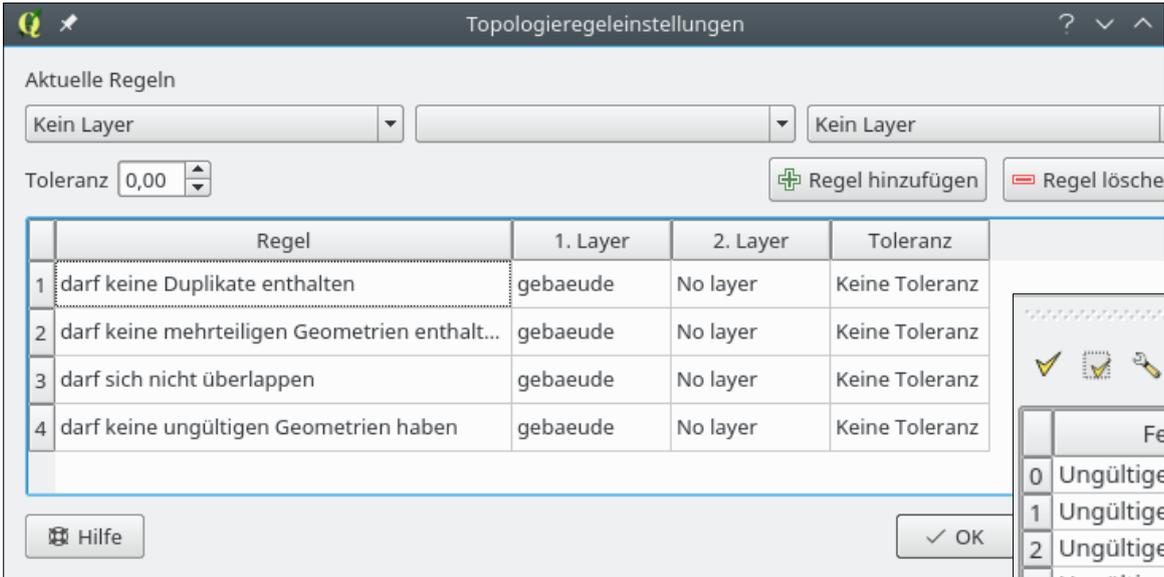
Öffne Ausgabedatei nach erfolgreicher Ausführung

message	
1	Linie 0 enthält einen doppelten Knoten bei 4
2	Linie 1 enthält einen doppelten Knoten bei 0
3	Segmente 0 und 11 der Linie 0 schneiden sich bei 344409.292284, 5676972.76925
4	Segmente 11 und 13 der Linie 0 schneiden sich bei 344506.387741, 5676902.54457
5	Segmente 2 und 4 der Linie 0 schneiden sich bei 344499.016038, 5676893.39522
6	Segmente 3 und 5 der Linie 0 schneiden sich bei 344598.045108, 5676858.92025
7	Segmente 5 und 7 der Linie 0 schneiden sich bei 344409.656271, 5676954.94175

vector layer is generated with the features in each of these categories.



- GEOS Funktionalität
- Ein oder zwei Layer (→ Überlappung)



Topologieregeleinstellungen

Aktuelle Regeln

Kein Layer

Toleranz 0,00

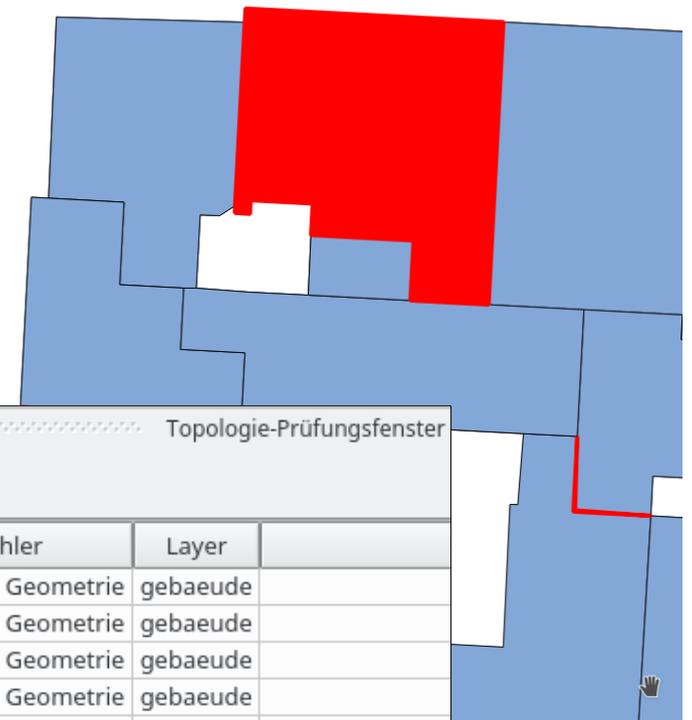
Regel hinzufügen

Regel lösche

	Regel	1. Layer	2. Layer	Toleranz
1	darf keine Duplikate enthalten	gebäude	No layer	Keine Toleranz
2	darf keine mehrteiligen Geometrien enthalt...	gebäude	No layer	Keine Toleranz
3	darf sich nicht überlappen	gebäude	No layer	Keine Toleranz
4	darf keine ungültigen Geometrien haben	gebäude	No layer	Keine Toleranz

Hilfe

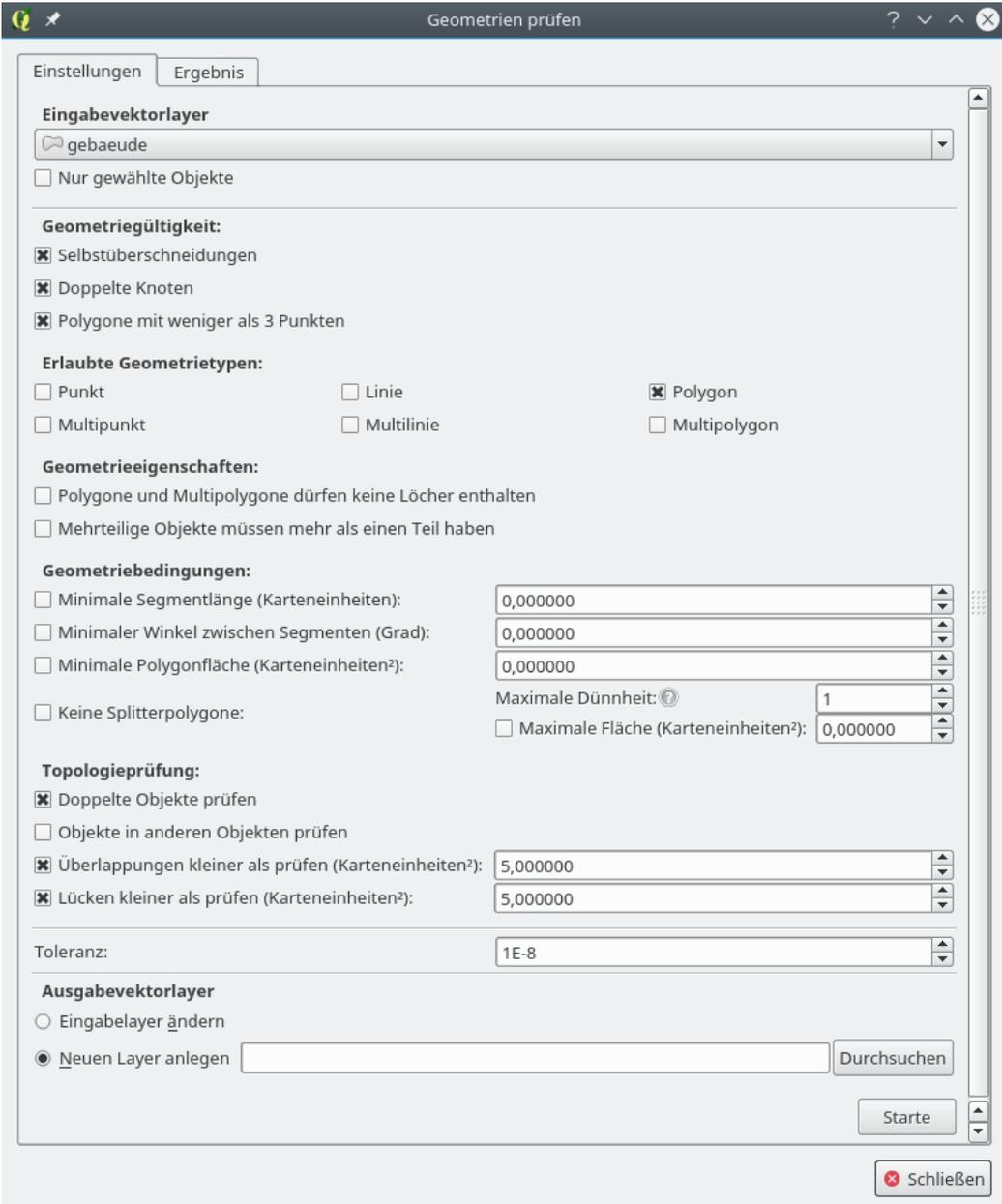
OK



Topologie-Prüfungsfenster

	Fehler	Layer
0	Ungültige Geometrie	gebäude
1	Ungültige Geometrie	gebäude
2	Ungültige Geometrie	gebäude
3	Ungültige Geometrie	gebäude
4	Ungültige Geometrie	gebäude
5	überlappt	gebäude
6	überlappt	gebäude
7	überlappt	gebäude
8	überlappt	gebäude
9	überlappt	gebäude

- QGIS, GEOS
 - Geometriegültigkeit
 - Erlaubte Geometrietypen
 - Bedingungen
 - Topologieprüfung
- Ergebnisanalyse
- Fehlerkorrektur



Geometrien prüfen

Einstellungen Ergebnis

Eingabevektorlayer
gebäude

Nur gewählte Objekte

Geometriegültigkeit:

Selbstüberschneidungen

Doppelte Knoten

Polygone mit weniger als 3 Punkten

Erlaubte Geometrietypen:

Punkt Linie Polygon

Multipunkt Multilinie Multipolygon

Geometrieigenschaften:

Polygone und Multipolygone dürfen keine Löcher enthalten

Mehrteilige Objekte müssen mehr als einen Teil haben

Geometriebedingungen:

Minimale Segmentlänge (Karteneinheiten): 0,000000

Minimaler Winkel zwischen Segmenten (Grad): 0,000000

Minimale Polygonfläche (Karteneinheiten²): 0,000000

Keine Splitterpolygone: Maximale Dünneheit: 1

Maximale Fläche (Karteneinheiten²): 0,000000

Topologieprüfung:

Doppelte Objekte prüfen

Objekte in anderen Objekten prüfen

Überlappungen kleiner als prüfen (Karteneinheiten²): 5,000000

Lücken kleiner als prüfen (Karteneinheiten²): 5,000000

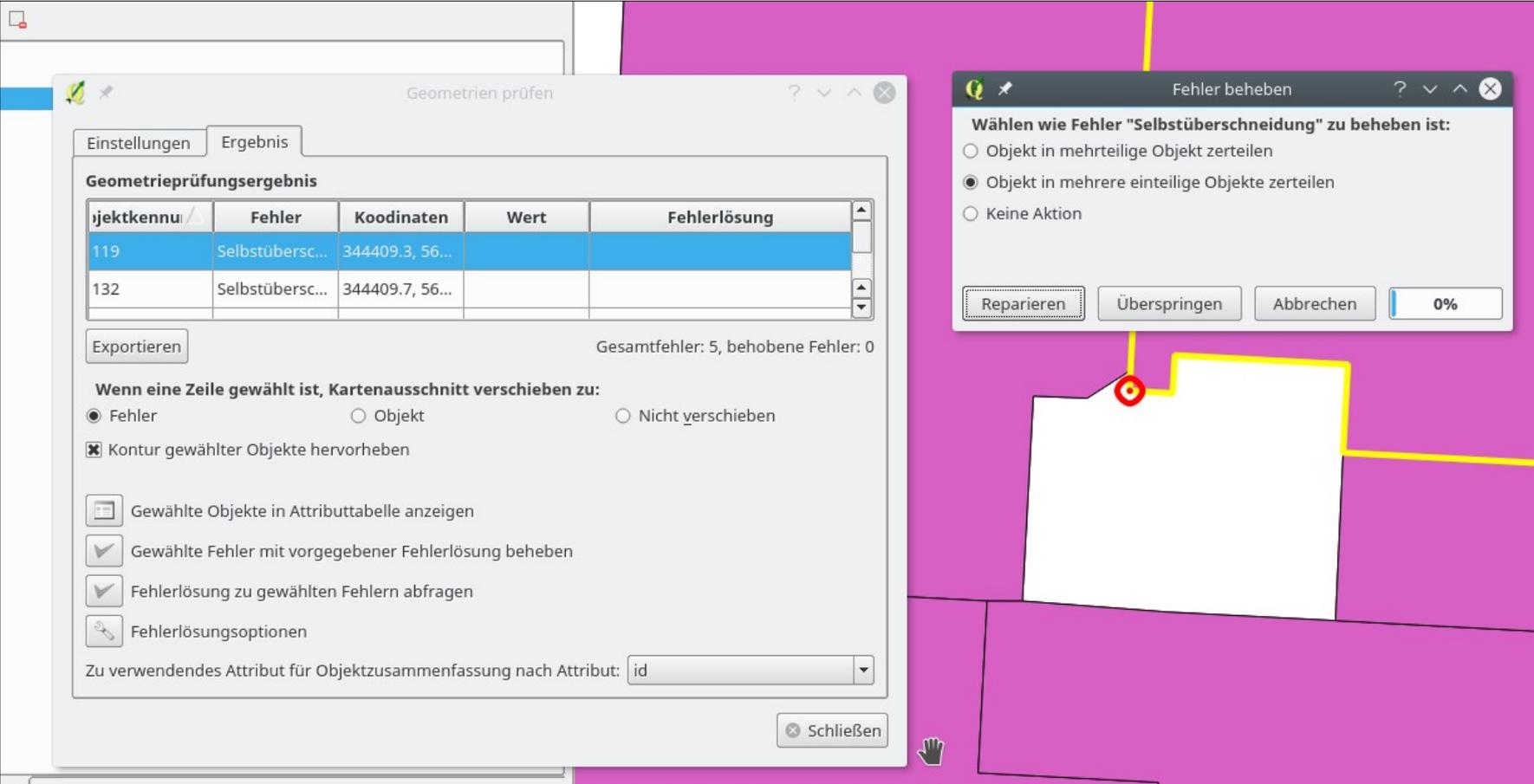
Toleranz: 1E-8

Ausgabevektorlayer

Eingabelayer ändern

Neuen Layer anlegen

• Fehlerkorrektur



The image shows two overlapping dialog boxes from a GIS application. The background is a map with a white polygon and a yellow line. A red circle with a white center is positioned on the yellow line, indicating a self-intersection error.

Geometrien prüfen (left dialog):

- Buttons: Einstellungen, Ergebnis
- Section: Geometrieprüfungsergebnis
- Table:

Objektkennu	Fehler	Koordinaten	Wert	Fehlerlösung
119	Selbstübersc...	344409.3, 56...		
132	Selbstübersc...	344409.7, 56...		

Buttons: Exportieren, Gesamtfehler: 5, behobene Fehler: 0

Wenn eine Zeile gewählt ist, Kartenausschnitt verschieben zu:

- Fehler
- Objekt
- Nicht verschieben

Kontur gewählter Objekte hervorheben

Gewählte Objekte in Attributtabelle anzeigen

Gewählte Fehler mit vorgegebener Fehlerlösung beheben

Fehlerlösung zu gewählten Fehlern abfragen

Fehlerlösungsoptionen

Zu verwendendes Attribut für Objektzusammenfassung nach Attribut: id

Buttons: Schließen

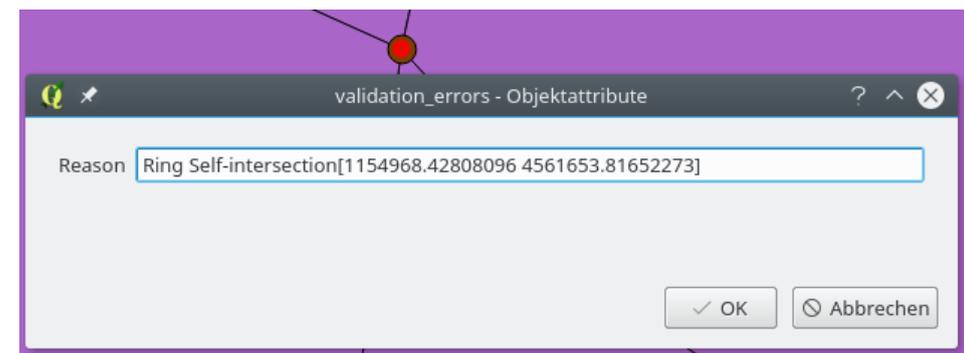
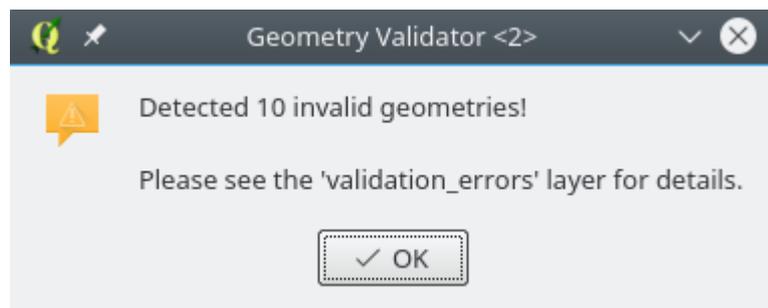
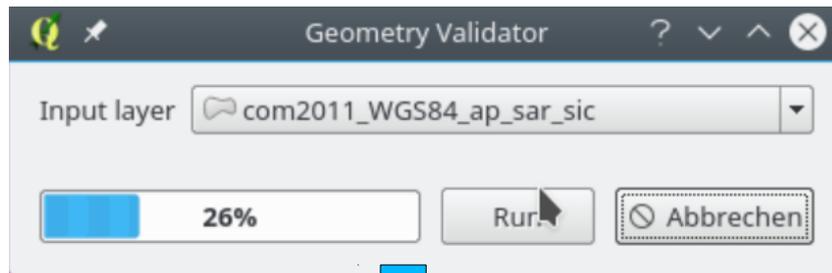
Fehler beheben (right dialog):

Wählen wie Fehler "Selbstüberschneidung" zu beheben ist:

- Objekt in mehrteilige Objekt zerteilen
- Objekt in mehrere einteilige Objekte zerteilen
- Keine Aktion

Buttons: Reparieren, Überspringen, Abbrechen, 0%

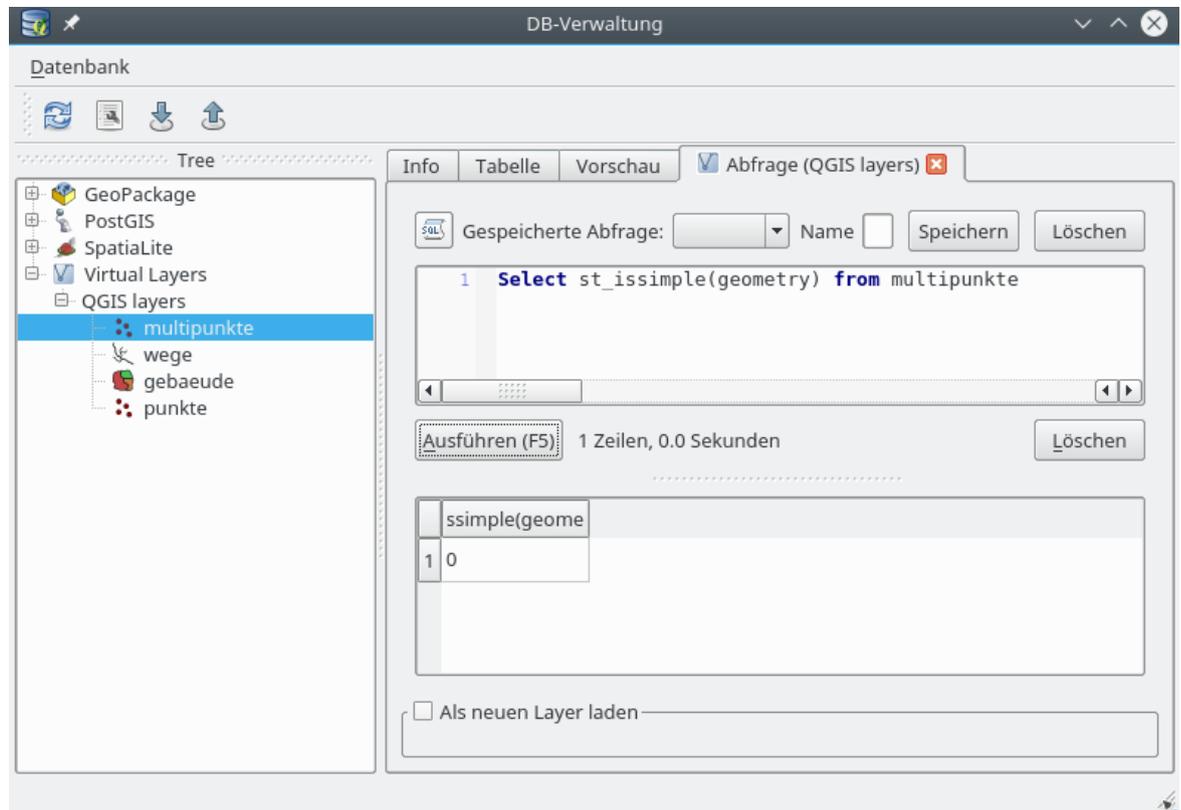
- Überprüft Gültigkeit (valid) nach OGC Spezifikation
- Fehlermeldung (Anzahl) und Details als Layer



```
from shapely import validation, wkt
# Get geometry from current feature and check whether it is valid
    geom = feature.geometry()
    if not geom.isEmpty() and not geom.isGeosValid():
        # Use shapely to get validation error reason
# Use shapely to get validation error reason
# NOTE: Cannot use the geom.validateGeometry() method here as it
# does not seem to work correctly
# NOTE: Shapely method uses the GEOSisValidReason_r method
# internally, see:
https://trac.osgeo.org/geos/browser/trunk/capi/geos\_ts\_c.cpp#L954
```

<https://shapely.readthedocs.io/en/latest/>

- Virtuelle Layer → SpatiaLite
- GEOS
- SELECT ST_IsSimple, ST_IsValid, ST_GeometryType,...



The screenshot shows the 'DB-Verwaltung' application window. On the left, a 'Tree' view displays a database structure with folders for 'GeoPackage', 'PostGIS', 'SpatiaLite', 'Virtual Layers', and 'QGIS layers'. Under 'QGIS layers', there are three layers: 'multipunkte', 'wege', and 'punkte'. The 'multipunkte' layer is selected. The main window has tabs for 'Info', 'Tabelle', 'Vorschau', and 'Abfrage (QGIS layers)'. The 'Abfrage (QGIS layers)' tab is active, showing a SQL query editor with the text: `1 Select st_issimple(geometry) from multipunkte`. Below the editor, there is an 'Ausführen (F5)' button and a status bar indicating '1 Zeilen, 0.0 Sekunden'. Below the status bar, a table displays the result of the query:

ssimple(geome
1 0

At the bottom of the window, there is a checkbox labeled 'Als neuen Layer laden'.

- QGIS 2.18.16 auf ubuntu, Shapefiles
- Multipunkte (1 Datensatz) mit einem doppelten Punkten (nicht einfach nach OGC)
- Selbstüberschneidende Linien (nicht einfach nach OGC) und doppelte Knoten
- Polygone mit Selbstüberschneidung (nicht gültig nach OGC) und doppelten Knoten, Überlappungen und Lück
- Test an einem Beispieldatensatz
 - Kommunen in Italien
 - ISTAT, (Italian Census Agency)
 - 10 Self-Intersections

<https://www.gaia-gis.it/fossil/libspatialite/wiki?name=invalid-geometries>



Ergebnisse (simple, valid)



	Multipunkt	Linie	Polygon
Gültigkeit prüfen	-	QGIS: 1 Ü GEOS: -	QGIS: 5 SI, 2 DK GEOS: 5 SI
Topologieprüfung	-	-	5 SI
Geometrie prüfen	-	2 Ü 1 DK	5 SI 3 DK
Geometry validator	-	-	5 SI
DB Verwaltung	Not simple	3 SÜ	5 SI

- DK = doppelter Knoten,
- Ü = Überschneidung (Linie)
- SI Self-Intersection

→ GEOS / QGIS: isSimple ab QGIS3?

ISTAT Datensatz → 10 Self intersections



	Polygon	Bemerkung
Gültigkeit prüfen	QGIS: 4 SI GEOS: 0 SI	langsam
Topologieprüfung	10 SI	
Geometrie prüfen	0 SI	Sehr langsam
Geometry validator	10 SI	Sehr schnell
DB Verwaltung	10 SI	

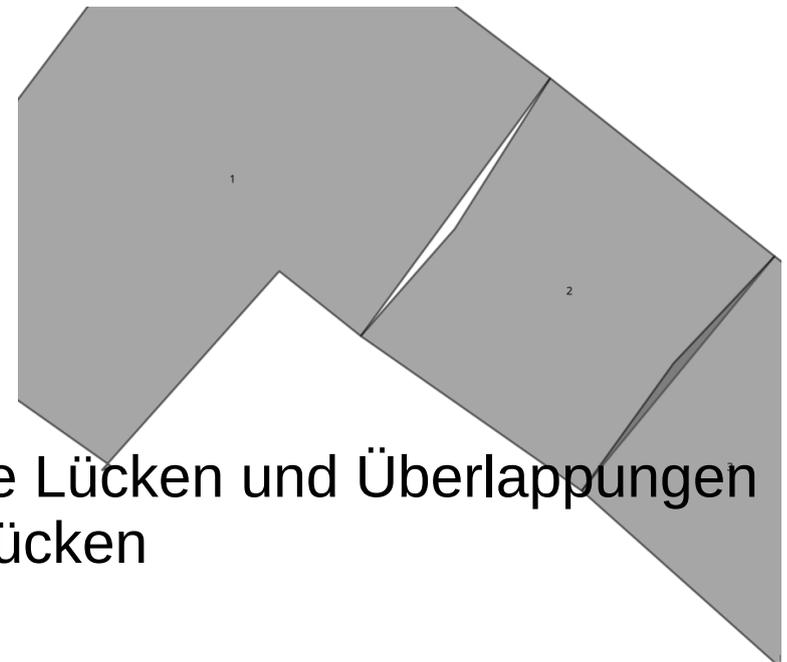
- 1053 Datensätze (3 Provinzen)
- Polygone und Multi-Polygone
- 10 Self Intersections

Themen

- Duplikate finden
- Lücken identifizieren
- Überlappungen (ein oder zwei Layer)

Test

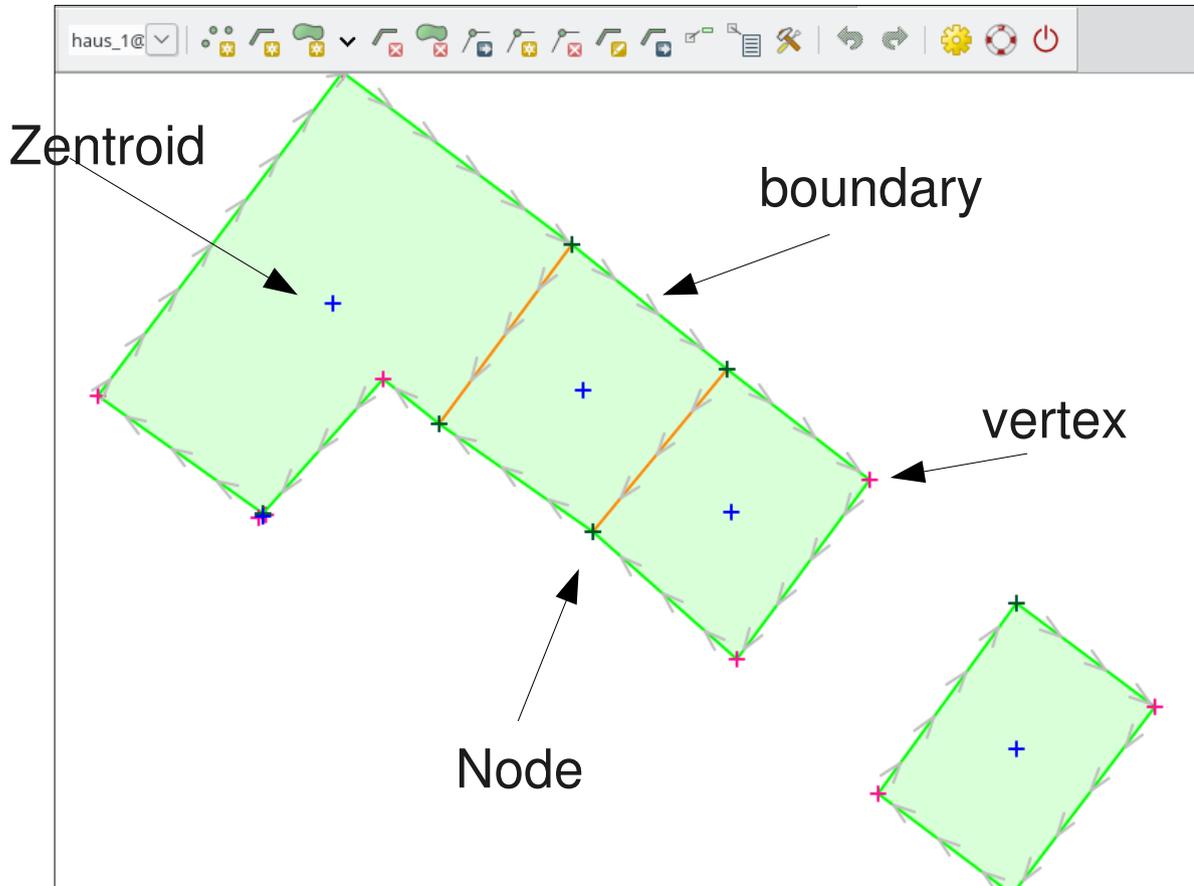
- Topologieprüfung findet zuverlässig alle Lücken und Überlappungen
- Geometrie prüfen → Defizite bei den Lücken



Topologisches Datenmodell

- Polygongrenzen werden „einfach“ gesichert (als gemeinsame Grenze)
- Basisgeometrien
 - Punkt
 - Linie: eine gerichtete Folge von verbundenen Ecken mit zwei Endpunkten, die Knoten (Node) genannt werden;
 - Grenze (boundary): die Grenzlinie zur Beschreibung eines Gebiets;
 - Zentroid: ein Punkt innerhalb eines geschlossenen Begrenzungsringes;
- Area: die topologische Zusammensetzung eines geschlossenen Ringes von Grenzen und eines Schwerpunkts;
- Inseln: geschlossener Ring ohne Zentroid

Topologisches Datenmodell




The dialog box 'Digitalisier-Einstellungen' has tabs for 'Allgemein', 'Symbologie', 'Attribute', and 'Abfrage-Werkzeug'. The 'Symbologie' tab is active, showing a list of features with corresponding color swatches:

- Neues Liniensegment digitalisieren: Red
- Neue Linie/Grenze digitalisieren: Dark Green
- Hervorheben: Yellow
- Hervorheben (Doppelte): Blue
- Punkt: Light Blue
- Linie: Blue
- Grenze (keine Fläche): Light Blue
- Grenze (eine Fläche): Light Blue
- Grenze (zwei Flächen): Light Blue
- Zentroid (in einer Fläche): Light Blue
- Zentroid (außerhalb einer Fläche): Light Blue
- Zentroid (doppelt in einer Fläche): Light Blue
- Knoten (eine Linie): Light Blue
- Knoten (zwei Linien): Light Blue
- Vertex: Light Blue
- Fläche (geschlossene Grenze + Zentroid): Light Blue
- Richtung: Light Blue

 Buttons for 'Close', 'Apply', and 'Save' are at the bottom.

Datenintegration

- Import in eine GRASS Datenbank (GRASS Plugin)
- Vektordaten werden automatisch auf ihre topologische Konsistenz geprüft und gegebenenfalls mit wählbaren Parametern korrigiert.
- Fehlerhafte Vektorobjekte werden auf Wunsch in eine Fehlerkarte zur späteren Inspektion übertragen.
 - Kategorie 0: Leere Flächengeometrien
 - Überlappende Flächengeometrien haben nach dem Import die Kategorie 2
- Parameter: minimum area, snap distance
- Automatischer Topologieaufbau (clean)
- Scheitert der Topologieaufbau werden vom Programm Snap distances empfohlen

Protokoll und Daten

...

Erzeuge Flächen...

601 areas built

15 isles built

...

Erzeuge Flächen...

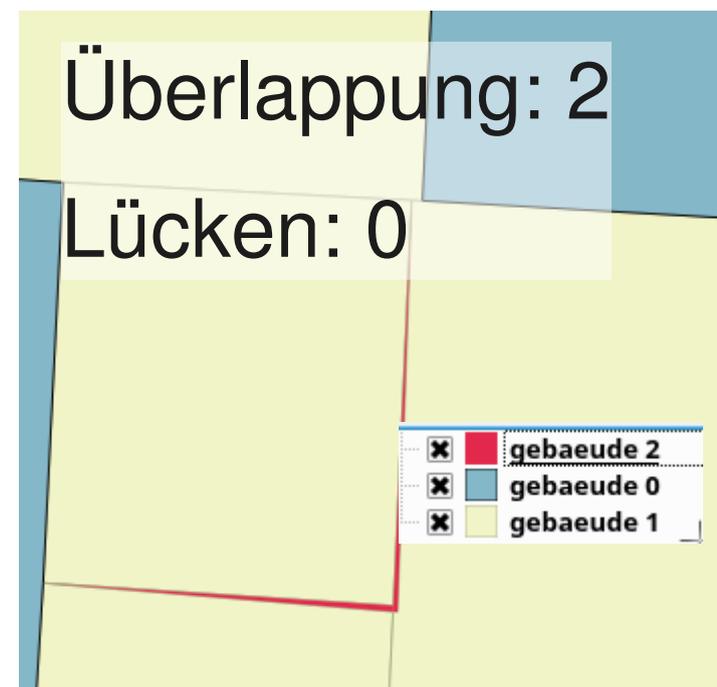
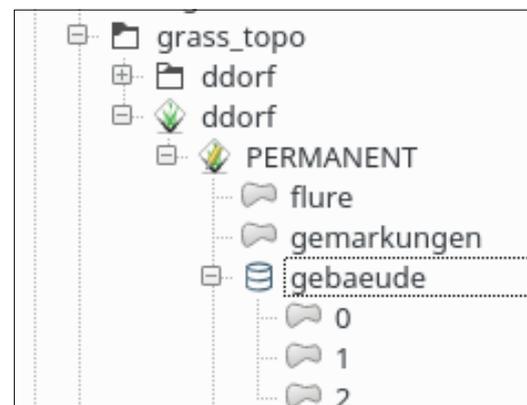
601 areas built

15 isles built

...

Some input polygons are overlapping each other. If overlapping is not desired, the data need to be cleaned.

...



Toolset zur Reinigung der Topologie der Vektorkarte.

- Fangen von Linien auf Schwellenscheitel
- Dangle (Überstände) löschen
- Doppelte Linien löschen (nach Kategorie)
- Doppelte Flächenschwerpunkte löschen
- Polygone topologisch sauber aufbrechen
- Knoten entfernen (Linien vereinfachen)
- Kleine Flächen nach Schwellenwert entfernen
- ...

v.build → Topologie aufbauen → ggf Fehlerkarte generieren

Manuelle editieren

Editieren aus der Kommandozeile

- delete: Löscht ausgewählte Features aus der Vektorkarte
- copy: Kopiert ausgewählte Objekte
- move: Bewegt ausgewählte Objekte in der Vektorkarte
- flip: Wechselt die Richtung ausgewählter Vektorlinien
- Break: Aufbrechen / Trenne von Vektorlinien
- snap: Rastet Vektor-Features in einem bestimmten Schwellenwert ein
- connect: Verbinde zwei Linien
- extend: Linien verlängern
- chtype: Feature-Typ ändern (Punkt <-> Zentroid, Linie <-> Grenze)
- ...

- Viele Möglichkeiten der Geometrieprüfung und Korrektur

	isSimple	isValid	DP	Überlap- pung, Lücken	Korrektur
Gültigkeit prüfen	Linie	✓	QGIS ✓	-	
Topologieprüfung	-	✓	-	✓	
Geometrie prüfen	Linie	✓	✓	(✓)	✓
Geometry validator	-	✓	-	-	
DB Verwaltung	MP, Linie	✓	-	(✓)	✓
GRASS	Überschneidende Linien sind erlaubt, SI werden aufgelöst			✓	✓

- Uneinheitliche Ergebnisse (isSimple/isValid) je nach Testdaten
- Mehrere Werkzeuge nutzen
 - IsSimple → DB Verwaltung verwenden
 - IsValid (Polygone) → Geometry Validator (schnell)
 - Überlappungen - Lücken → Topologieprüfung
- Geometrie prüfen → Sehr durchdachte Funktionalität → prüfen und korrigieren
- Korrektur und Prüfung in GRASS GIS
 - Automatisierte Kontrolle beim Import (snap distances)
 - Datensätze kontrolliert aufbereiten (Linien, Polygone)
 - Werkzeuge zur automatisierten Bereinigung (clean, edit)