

Digitale Straßenmodelle

Mirco Nierenz

TrianGraphics GmbH

Schönhauser Allee 45
10435 Berlin

E-Mail:

Mirco.Nierenz@TrianGraphics.de

ABSTRACT

Die Entwicklung im Bereich Autonomes Fahren erfordert zunehmend Testszenarien. Damit erhöht sich die Nachfrage nach Straßendaten. TrianGraphics hat neue Algorithmen und Verfahren entwickelt, um automatisch 3D-Straßennetze verknüpft mit Verkehrslogik und Umgebungsterrain zu erstellen.

Der Schwerpunkt der Forschungs- und Produktentwicklung wurde auf Straßengenerierung, basierend auf realen Daten mit einem möglichst hohen Automatisierungsgrad, gelegt. Der Artikel beschäftigt sich mit folgenden verschiedenen technischen Aspekten.

Bei Straßendaten werden zwei Arten unterstützt. SD-Daten mit Mittellinien und Attributen für Breiten, Fahrbahanzahl und Straßentyp, sowie HD-Daten mit genauer Vektorbeschreibung jeder einzelnen Fahrspur. Es wird aufgezeigt, welche Formate dazu unterstützt werden, sowie deren Qualität und Verfügbarkeit.

Ein zweiter Schwerpunkt ist die automatische robuste Kreuzungserstellung. Die Konstruktion aus Realdaten stellt die Algorithmen vor Herausforderungen, da die Ausgangsdaten teilweise nur wenig geeignete Informationen bieten. Es wird die Erzeugung von Straßen und Kreuzungen skizziert, sowie Verkehrslogik-Formaten beschrieben. Der Fokus der Algorithmen liegt auf Robustheit, Genauigkeit und realistischen Ergebnissen. Weitere Metadaten wie Materialklassifizierung für die Sensorsimulation sowie Erkenntnisse aus der Automobilindustrie werden ebenfalls behandelt.

Eine weitere Besonderheit unseres Ansatzes ist die Bereitstellung und Generierung von Geländedaten. Neben der Straßengeometrie lässt sich die gesamte umgebende Landschaft virtuell abbilden. Ein reiches Set an Generierfeatures unterstützt dabei die Erzeugung/Platzierung von Vegetation, Gebäuden, Flüssen und weiteren Landschaftsobjekten. Die Landschaftsgeometrie kann in verschiedenen Datenformaten zur Verfügung gestellt werden.

SCHLÜSSELWÖRTER

TrianGraphic, Landschaft, Straßen, Kreuzungen, Generierung, Trian3DBuilder, Autonomes Fahren, OpenStreetMap, HERE, Vires, OpenDrive, IPG, Road5, DLR, RoadToSimulation, Unity, Unreal

UNTERNEHMEN

Das Unternehmen TrianGraphic GmbH mit Sitz in Berlin ist seit 2004 im Bereich der virtuellen Landschaftserzeugung tätig. Die generierten Landschaften werden zum Beispiel im Flugsimulator für Pilotentraining, Einsatzplanung bei der Bundeswehr oder auch Softwaretests bei Automobilherstellern benutzt.



Abbildung 1: Flughafen München

TrianGraphics hat dazu die Software Trian3DBuilder entwickelt, welche GIS Daten verwendet um Landschaftsdatenbasen für verschiedene Anwendungen und Systeme zu erzeugen. Im Folgenden wird die Erzeugung von Landschaften und Straßendaten im Bereich Automobil näher betrachtet.

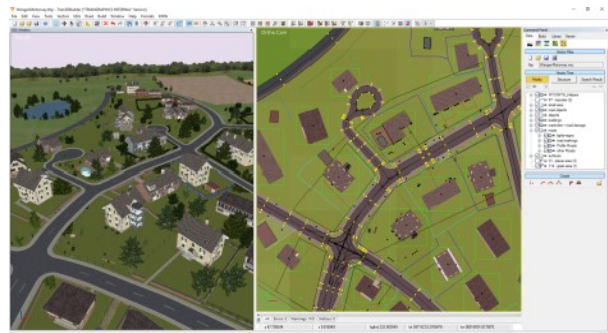


Abbildung 2: Straßendatenbasis von Wangen

ANWENDUNG

Autonomes Fahren ist heutzutage in aller Munde, aber es braucht noch Jahre um die Software/Hardware und rechtliche Grundlagen für einen Serieneinsatz zu schaffen. Um die Softwarealgorithmen sicherer zu machen bzw. Änderungen zu überprüfen, werden frühzeitig Test durchgeführt. So werden virtuelle Daten in die Algorithmen eingespeist, um in Standardtests Gefahrensituationen testen zu können. Hierbei werden Eingangsinformationen für Sensoren (Bildkameras, GPS, Kartendaten) über virtuelle Testdaten nachgebildet und als reale Daten vermittelt.

Verschiedene In-The-Loop Testumgebungen sehen Sie in Abbildung 3 bis 5.

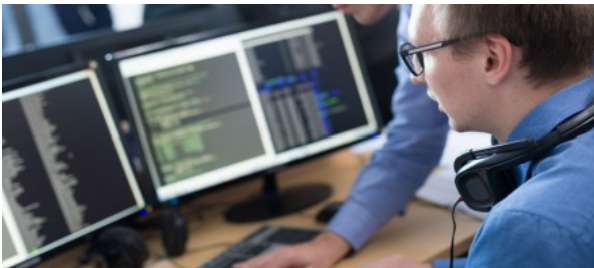


Abbildung 3: Model in the loop (MIL) / Software in the loop (SIL)



Abbildung 4: Hardware in the loop (HIL) / Driver in the loop (DIV)



Abbildung 5: Vehicle in the loop (VIL)

DATEN

Bei Straßendaten werden für die Verwendung in der Software Trian3DBuilder zwei Datentypen unterschieden:

Zum einen auf Mittellinien basierte Daten. Über eine vektorielle Darstellung der Mittellinie und zusätzlicher Attribute für die Breite, Straßentyp und Anzahl der Spuren wird die Straße repräsentiert. Datenquellen sind

z.B. OpenStreetMap und HERE ADAS RDF. Beide Quellen sind global verfügbar. Durch fehlende Metadaten kann der genaue Zustand der Straße jedoch nicht abgebildet werden. So sind zusätzliche Abbiegespuren vor Kreuzungen kaum abbildbar.

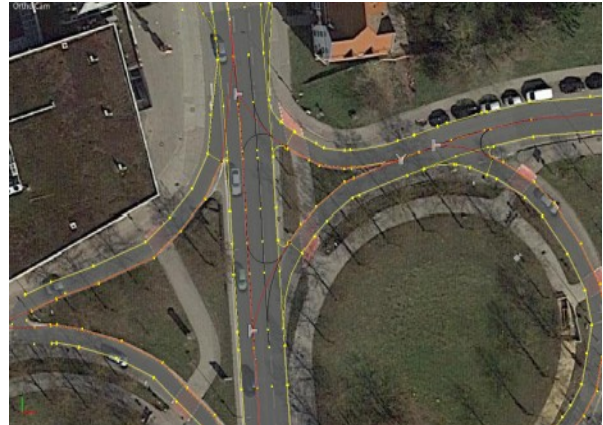


Abbildung 6: Mittellinien basierte Straßendaten aus HERE RDF

Neben diesen gibt es spurgenaue Daten. Hier ist jede Fahrspur vektoriell oder parametrisch dargestellt. Solche Daten werden zum Beispiel von HERE über das neue HD LiveMap angeboten, stehen aber noch nicht flächendeckend zur Verfügung. Vermessungsfirmen stellen spurgenaue Daten zudem über das Format OpenDrive (Straßenlogikformat für Simulationen von Daimler/Crysler und Vires) bzw. RoadToSimulation (von DLR) bereit. Da die Fahrspuren genau abgebildet werden, sind auch Fahrspurerweiterungen und genaue Abbiegespuren enthalten.



Abbildung 7: Spurgenaue Straßendaten aus HERE HD

Neben einem Import von Straßendaten können auch händisch Straßenlinien und deren Fahrspuren erzeugt werden.

GENERIERUNG

Aus diesen Daten werden die Straßengeometrie bzw. die logische Beschreibungssprache für die Simulation abgeleitet.

Die Straßen werden dazu immer in eine spurgenaue Abbildung überführt, d.h. es werden Fahrspuren um die Mittellinie mit Breite, Textur, Höhenunterschied, Markierungen und weiteren logischen Attributen erzeugt oder importiert. Zu jeder Fahrspur wird ein Geometrieschlauch erzeugt.

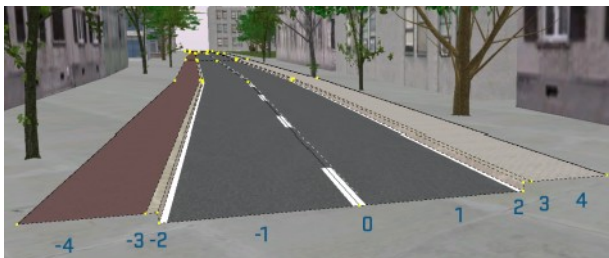


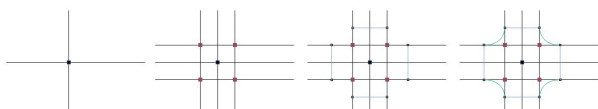
Abbildung 8: Straße mit Fahrspuren unterschiedlichen Typs

Treffen Straßen aufeinander, werden automatisch Kreuzungen erzeugt. Dazu werden die Kreuzungspunkte der Mittellinie und Außenfahrspuren berechnet und die Kreuzungsfläche aufgespannt. Zusätzlich kann ein Offset und der Grad der Kurvenkrümmung angegeben werden. Außenliegende, nicht befahrbare Spuren werden in der Breite interpoliert und um die Kreuzungsfläche gelegt.

Für ein optimales Ergebnis werden verschiedene Arten von Kreuzungen unterstützt und kombiniert:

- Kreuzungen mit gleichberechtigten Straßen, mit Haupt- und Nebenstraßen, wobei hier die Hauptstraßen die Markierung und die Höhe bestimmt
- Autobahnauffahrten und -abfahrten
- Verbindungen von 2 Straßen mit unterschiedlichen Spuren

1. Schnittpunktberechnung



2. Geometrieerzeugung

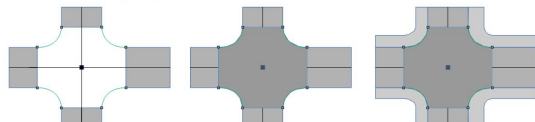


Abbildung 9: Konstruktion von Kreuzungen

Die Berechnung erfolgt voll automatisch und kann jede beliebige Konstellation der eingehenden Straßen verarbeiten.

Die Kreuzung als auch die Straßen können über eine WYSIWYG-Editierung verändert und realen oder fiktiven Gegebenheiten angepasst werden.



Abbildung 10: Komplexe Kreuzung

Neben der Straße wird zusätzlich die umgebene Landschaft generiert. Dazu werden Geodaten verarbeitet. Zu ihnen gehören georeferenzierte Höhen-, Satelliten- und Luftbilddaten. Zusätzliche Vektordaten für Gebäudegrundrisse, Flüsse/Seen, Vegetationsareale und weitere Objekte können ebenfalls importiert werden. Beim Import werden sie Templates zugeordnet, welche passende Generiervorschriften beinhalten. Diese Generiervorschriften besagen, ob eine Vektorlinie als Fluss, Baumreihe oder Stromleitung erzeugt werden soll und eröffnet Möglichkeiten zur flächendeckenden Bearbeitung der Attribute.



Abbildung 11: Straßennetz mit Umgebung

Neben den sichtbaren Komponenten der Landschaft können weitere Metadaten erzeugt und exportiert werden. Für verschiedenste Sensorsimulationen werden Sensortexturen erzeugt, welche pixelgenaue Verweise auf physikalische Eigenschaften enthalten. Auch können Eigenschaften für Bodenoberflächen definiert werden, um in der Simulation die Befahrbarkeit zu berechnen oder im Sichtsystem Grasflächen zu erzeugen.

Neben Sensordaten können auch Metadaten für Kartendarstellungen, Simulation von CGF-Daten (Computer Generated Forces), oder Höhen- oder Vektordaten exportiert werden.

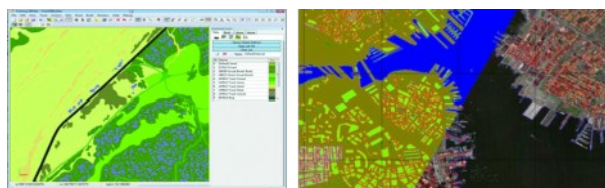


Abbildung 12: Sensoransicht für Bodeneigenschaften (links), Objektklassifizierung (rechts),

EXPORT

Um die erzeugten 3D-Landschaften auch in der Simulationsumgebung nutzen zu können, müssen verschiedene Formate unterstützt werden.

Die Simulationssoftware VTD des Unternehmens Vires benötigt für das Sichtsystem ein OpenSceneGraph-basiertes Format. Für die eigentliche Simulation, Fahrtest und Fremdverkehr wird auf das bereits oben genannt Format OpenDrive gesetzt. Dieser Standard beschreibt das komplette Straßennetz mit den einzelnen Fahrspuren der Straßen, deren Verknüpfungen in einer Kreuzung. Zudem können Barrieren, Straßenrandobjekte als auch Schienennetze definiert werden.

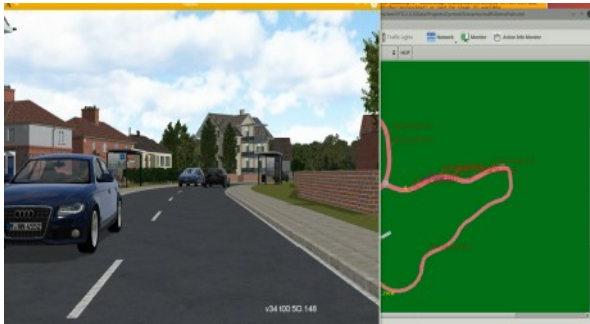


Abbildung 13: Darstellung in Vires VTD Simulationssoftware

Ein anderes System für Fahrdynamiktests ist die Software CarMaker von IPG, welche ihr eigenes Straßenformat Road5 unterstützt. In diesem Format können neben der Straßenbeschreibung ebenfalls einfache Landschaftselemente kodiert werden.

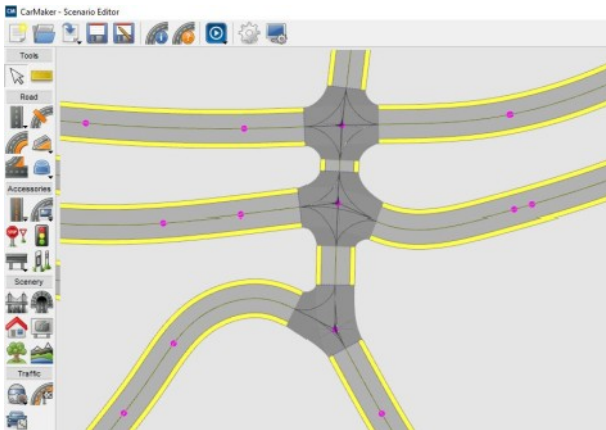


Abbildung 14: Straßennetzwerk in IPG CarMaker Software

Häufig werden Simulationsdatenbanken auch für Sensortest, hochwertige Fahrsimulatoren oder auch für Marketingzwecke benutzt. Hier ist die visuelle Anforderung sehr viel höher. Daher werden unter anderem auch Game-Engines wie Unity oder Unreal unterstützt.



Abbildung 15: GameEngine Unity

AUSBLICK

Zum Testen von Autonomen Fahrzeugen werden jetzt bereits riesige Datenmengen als Input für KI-Algorithmen benötigt. Hier ist es erforderlich, möglichst schnell genaue und sofort testbare Simulationsdaten zu erzeugen. In vielen Fällen besteht auch der Bedarf an minimal unterschiedlichen Varianten eines Szenarios. Zudem sollen die Landschaften visuell ansprechend sein, um sinnvolle Daten in die Sensoren einzuspeisen, und mit überschaubarem Aufwand erzeugbar sein. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, treibt TrianGraphics die Forschung rund um den Bereich Automatisierung zur Erstellung von Landschafts- und Straßendatenbanken voran.

LITERATUR & QUELLEN

- Abbildung 1
Flughafen München DB, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 2
Straßendatenbasis von Wangen in Trian3DBuilder
User Interface, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 3
Stock Archiv
<https://de.123rf.com/lizenzfreie-bilder/developers.html?imgtype=0&sti=meuzw84exwizgtqt0b&mediapopup=88562373>
(04.03.2019)
- Abbildung 4
Stock Archiv
https://de.123rf.com/photo_40602462_spiel-racing-simulator.html?fromid=aFVpTXp4WWU1UXIrRmVQUghWcnhjQT09
(04.03.2019)
- Abbildung 5
Dynamischer Fahrsimulator DLR
https://www.dlr.de/fs/desktopdefault.aspx/tabid-1236/1690_read-3257/ (27.03.2019 – 12 Uhr)
- Abbildung 6
Mittellinien basierte Straßendaten aus HERE RDF
visualisiert in Trian3DBuilder, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 7
Spurgenaue Straßendaten aus HERE HD, visualisiert
in Trian3DBuilder, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 8
3D Straßenprofil in Trian3DBuilder, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 9
Schematische Darstellung Kreuzungsgenerierung,
TrianGraphics GmbH
- Abbildung 10
Kreuzung, erzeugt in Trian3DBuilder, Visualisiert in
Unity, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 11
Straßendatenbasis Wangen Village, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 12
Sensorarstellung in Trian3DBuilder, TrianGraphics GmbH
- Abbildung 13
Darstellung in Vires VTD Simulationssoftware,
TrianGraphics GmbH
- Abbildung 14
Straßennetzwerk in IPG CarMaker Software,
TrianGraphics GmbH
- Abbildung 15
Wangen Village Datenbasis in Unity,
TrianGraphics GmbH

KONTAKT

TrianGraphics GmbH
Schönhauser Allee 45
10435 Berlin, Germany
Phone: +49 (0)30 48495565
Fax: +49 (0)30 48495581
Email: info@triangraphics.de
Web: www.triangraphics.de