

**Forschungs- und Entwicklungsauftrag FE 09.122/2000/DGB
Entwicklung des OKSTRA-Objektes Dynamisches Querprofil**

Zwischenbericht zur Geometrischen Modellierung.

Dipl.-Ing. Dieter Kornbichler, München

Subunternehmer:

AKG Software Consulting GmbH, Ballrechten-Dottingen
Ingenieurbüro Basedow & Tornow GmbH, Norderstedt
RIB Bausoftware GmbH, Stuttgart

Vorbemerkung:

Das vorliegende Thema ist ein ausgesprochenes Expertenthema und für den nicht mit der Aufgabenstellung „Querprofilentwicklung“ vertrauten Leser nur schwer nachvollziehbar. Das Kapitel 1 „Zusammenfassung“ beschreibt in Kurzform die Ausgangssituation, die Aufgabenstellung und die Ergebnisse des Forschungsauftrages. Es sollte auch dem weniger in die Tiefen der Materie der Querprofilentwicklung eingedrungenen Leser einigermaßen verständlich sein.

Die Folgekapitel wenden sich ausschließlich an den Experten, im Regelfall an den Softwareentwickler, der auf der Basis des Dynamischen Querprofils einschlägige Software entwickelt und dokumentiert.

Inhaltsangabe:

1. Zusammenfassung
 - 1.1 Einführung / Studie "Abbildung von Querprofilen im OKSTRA"
 - 1.2 Aufgabenstellung des FE
 - 1.3 Kurzbeschreibung der Ergebnisse
 - 1.4 Lieferumfang und Dokumentation der Ergebnisse
2. Die geometrischen Grundlagen des dynamischen Querprofils
 - 2.1 Koordinatensystem, Symmetrie, Vorzeichenregelung
 - 2.2 Schräge Schnitte
 - 2.3 Nebenachsen
3. Die Einbindung des „Dynamischen Querprofils“ in den OKSTRA
4. Die Objekte und die Codierung des Dynamischen Querprofils
5. Nebenachsen
6. Hinweis zu vergabe- und wettbewerbsrechtlichen Auswirkungen

1. Zusammenfassung

1.1 Einführung / Studie „Abbildung von Querprofilen im OKSTRA“

Schon in der Anfangsphase der Arbeiten am OKSTRA- Teilprojekt 2, Neubaudaten hat sich gezeigt, dass zur Darstellung von Querprofilen die reine Datenbeschreibung (*statische Modellierung*) dem im OKSTRA gesteckten Ziel des verlustfreien Informationsflusses zwischen den

- Planungs- und Ausführungsphasen eines Straßenprojektes
- an einem Projekt beteiligten Organisationseinheiten
- eingesetzten DV-Programmen zur Planung und Bauabrechnung

nicht genügt.

Zum Nachweis der Notwendigkeit des obengenannten Informationsflusses und zum Aufzeigen von machbaren *dynamischen* Lösungsansätzen wurde die Studie „Abbildung von Querprofilen im OKSTRA“ als Forschungsauftrag in Auftrag gegeben und realisiert. Veröffentlicht ist die Studie in der Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 776, 1999. Wenn im folgenden von Studie die Rede ist, ist dieser Bericht gemeint.

In der Studie werden die Notwendigkeit des Informationsflusses nachgewiesen und Lösungsvorschläge für „Dynamische Querprofile“ aufgezeigt. Beim „Dynamischen Querprofil“ werden im Gegensatz zum „statischen Querprofil“ nicht Ergebnisse, sondern die Gesetze zur Bildung der Querprofile (in der Fachsprache *Regelquerschnitt*) beschrieben. Dabei findet die Studie zwei grundsätzlich unterschiedliche Lösungsansätze zur Dynamischen Modellierung

Das **geometrische Verfahren** beschreibt den Regelquerschnitt in einer abstrakten, nicht straßenbauspezifischen 2D-Geometriesprache. Die Vorteile dieses Ansatzes sind

- Die fachlich unbeschränkte und beliebig detaillierte Gestaltung des Regelquerschnitts.
- Keinerlei Konflikt mit Regelwerken.
- Eine einfach zu erstellende Verfahrensbeschreibung.

Demgegenüber stehen die Nachteile, dass

- Die Beschreibung eines Regelquerschnitts äußerst zeitaufwendig ist und eine hohe Qualifikation des Bearbeiters erfordert.
- Die Ergebnisse keine fachliche Bedeutung haben.

Das **fachliche Verfahren** beschreibt den Regelquerschnitt auf fachlicher Basis in Form eines Kataloges der tatsächlich in der Praxis vorkommenden Gestaltungsformen (Fachobjekte wie z.B. Bankett, Böschung, etc.). Die Vorteile dieses Ansatzes sind

- Die Beschreibung eines Regelquerschnitts erfordert nur geringen Aufwand und nur eine geringe Qualifikation des Bearbeiters.
- Die Ergebnisse haben eine fachliche Bedeutung.

Demgegenüber stehen die Nachteile, dass

- Ein in sich geschlossenes fachliches Regelwerk für den Regelquerschnitt nicht existiert und erst im Rahmen des OKSTRA erarbeitet werden müsste.
- Die Bauabrechnung in der heutigen Form einen sehr hohen Detaillierungsgrad der Querprofile fordert, der mit einer fachlichen Beschreibung nur schwer erzielbar ist.

Als weitere Lösung findet die Studie noch ein **hybrides Verfahren**, bei dem die geometrischen und die fachlichen Verfahren miteinander verbunden sind. Standardfälle werden fachlich, Sonderfälle geometrisch beschrieben.

Die Studie kommt zu dem Vorschlag, zunächst eine geometrische Modellierung vorzunehmen, und diese anschließend mit einer fachlichen Modellierung zu einem hybriden Modell auszubauen.

Dem Ergebnis der Studie folgend, wurde der hier vorliegende Forschungsauftrag zunächst mit dem Ziel der Entwicklung und Beschreibung einer objektorientierten Geometriesprache (im folgenden **OKSTRA RQCode** genannt) in Auftrag gegeben. Schon in der ersten Besprechung der Betreuergruppe wurde von den Vertretern der Planungsseite gefordert, dass der OKSTRA RQCode in einer fachlich orientierten Benutzeroberfläche abgebildet werden kann und damit der Forschungsauftrag als solcher in Frage gestellt.

Im Rahmen einer Erweiterung des Forschungsauftrages wird nunmehr, der Studie folgend, zusätzlich zum geometrischen Modell an der fachlichen bzw. der hybriden Modellierung, basierend auf der geometrischen Modellierung gearbeitet.

Der hier vorliegende Zwischenbericht beschäftigt sich ausschließlich und abschließend mit der geometrischen Modellierung. In der Studie ist der Hintergrund des Forschungsvorhabens (FE) ausführlich dargestellt und sind die fachlichen Vorarbeiten zu diesem FE geleistet. Zum Verständnis dieses Forschungsauftrages wird, insbesondere was die Definition von fachlichen Bedeutungen betrifft, der Inhalt der Studie als bekannt vorausgesetzt.

Ferner wird die Kenntnis des Schlussberichtes OKSTRA in der Version vom 28.1.00, Teilprojekt 2, Neubaudaten als bekannt vorausgesetzt. Die dort beschriebenen Objekte werden, wenn sie im folgenden angesprochen werden, in *kursiver Schreibweise* dargestellt.

1.2 Aufgabenstellung des FE

1.2.1 Vorgegebenes Ziel des FE (Gesamtziel)

Gesamtziel des FE ist die Entwicklung und Beschreibung einer objektorientierten Geometriesprache (bisher im OKSTRA *Bildungsgesetze* genannt, im folgenden aber als Dynamisches Querprofil bezeichnet), welche es ermöglicht, im Zusammenwirken mit den *Ausgangsdaten Querprofile* zu erzeugen. Einzubinden ist diese Geometriesprache in das Gesamtkonzept des OKSTRA. Ferner ist eine spätere Erweiterung um fachliche Objekte zu berücksichtigen.

Das Dynamische Querprofil soll unter anderem zum verlustfreien Austausch der Bildungsgesetze von Querprofilen zwischen verschiedenen Programmsystemen dienen. Dies soll mit einem Minimum an Aufwand zur Anpassung der einschlägigen Software erreicht werden.

1.2.2 Hinweis

Die zu entwickelnde Geometriesprache stellt im Regelfall nicht die Bedienungs Oberfläche eines DV-Programms dar, sondern dient als Schnittstelle zum Austausch der Bildungsgesetze von Regelquerschnitten. Im Sonderfall muss sie allerdings direkt bedienbar sein.

1.3 Kurzbeschreibung der Ergebnisse

1.3.1 Geometriesprache

Als Geometriesprache wurde Visual Basic (VB) gewählt, da die Vorteile von Visual Basic gegenüber einer neuen, frei definierten, grafischen Geometriesprache offensichtlich sind:

- Visual Basic ist weltweit die am meisten verbreitete Programmiersprache.
- Visual Basic ist eine objektorientierte Programmiersprache.
- Für Visual Basic sind diverse Interpreter und Entwicklungstools vorhanden. Diese können in Anwendungsprogramme leicht integriert werden, was zu erheblichen Einsparungen bei der erforderlichen Neuentwicklung einschlägiger Software führt.
- Visual Basic ist leicht zu erlernen, nicht nur für Software-Profis.
- Visual Basic stellt hervorragende Entwicklungstools zur Verfügung. Experten werden bei der späteren Entwicklung von fachlichen Objekten optimal unterstützt.

Zur Einschränkung sprachlichen „Wildwuchses“ bei der Entwicklung von Regelquerschnitten wurde der Versuch unternommen, für die Geometriesprache durch

- eine Beschreibung einer sinnvollen Untermenge des Sprachumfanges von Visual Basic .
- Codierungs- und Dokumentationsrichtlinien

Empfehlungen für die Codierung zu geben. Dies soll die Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit von Regelquerschnitten verbessern. Die Durchsetzbarkeit dieser Empfehlungen ist allerdings zweifelhaft.

1.3.2 C++ Standardbibliothek

Ergänzt wird BASIC durch eine C++ Standardbibliothek zur Behandlung der geometrischen OKSTRA RQ Objekte. Diese Bibliothek bietet eine COM- Schnittstelle an und unterstützt immer wiederkehrende Standardfunktionen zur Berechnung und Verwaltung der Objekte. Die Aufrufe der Bibliotheksfunktionalität sind Bestandteil der Geometriesprache und unter Punkt 4 dieses Zwischenberichtes „Die Objekte und die Codierung des Dynamischen Querprofils“ als zusammenfassende Übersicht beschrieben. Eine vollständige Beschreibung enthält die Online-Hilfe zu den Objekten des RQCodes. Zur Nutzung der Bibliothek ist die Installation von VBA (Visual BASIC for Applications) unter MS Windows NT©, Windows 2000© oder Windows XP© erforderlich.

1.3.3 Prototyp und Testdaten

Zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit sowohl des Sprachumfanges als auch der Standardbibliothek wurde ein Testprogramm (Prototyp) entwickelt, mit dem auf der Entwicklungsplattform VBA (Visual BASIC for Applications) Regelquerschnitte in der Geometriesprache entwickelt und die daraus resultierenden Querprofile visualisiert und überprüft werden können. Zum Ablauf des Prototypen ist die Installation von VBA zwingend erforderlich. Ablauffähig ist der Prototyp unter MS Windows NT© und MS Windows 2000©.

Schließlich wurde ein typischer Regelquerschnitt in modularer Gliederung entwickelt und in der Geometriesprache beschrieben. Dieser Regelquerschnitt dient als Testdatensatz für den Prototypen. Fachlich betrachtet enthält der Testdatensatz die Objekte Fahrbahn, Bordstein, Gehweg und Böschung.

Hinweise zur Installation und zur Bedienung des Prototypen enthält das Dokument Prototyp.doc.

1.4 Lieferumfang und Dokumentation der Ergebnisse

Dem hier vorliegenden Zwischenbericht, der auch alle geometrischen Festlegungen enthält, liegen als Ergebnisse des Forschungsauftrages bei:

eine CD, enthaltend die eigentlichen Forschungs- und Entwicklungsergebnisse

- diesen Zwischenbericht zum Forschungs- und Entwicklungsauftrag FE 09.122/2000/DGB OKSTRA Dynamisches Querprofil (Zwischenbericht.doc).
- Beschreibung der zugelassenen Untermenge des Sprachumfanges von Visual Basic (AnlageA.doc).
- Codierungs- und Dokumentationsrichtlinien für den OKSTRA RQCode (AnlageB.doc).
- Detaillierte Beschreibung der Objekte des OKSTRA RQCodes in Form einer Online-Hilfe (OkstraDK.chm).
- C++ Bibliothek als DLL, enthaltend die gesamte Funktionalität des OKSTRA RQCodes.
- C++ Bibliothek, enthaltend die gesamte Funktionalität des OKSTRA RQCodes im Quellcode.

Zehn identische CDs zur Installation und zum Ablauf des Prototypen, enthaltend

- diesen Zwischenbericht zum Forschungs- und Entwicklungsauftrag FE 09.122/2000/DGB OKSTRA Dynamisches Querprofil (Zwischenbericht.doc)
- Nutzungsbedingungen des Prototypen (NutzungsBedingungen.doc)
- Hinweise zur Installation und zur Bedienung des Prototypen (Prototyp.doc)
- Installshield für den Prototypen.
- C++ Bibliothek als DLL, enthaltend die gesamte Funktionalität des OKSTRA RQCodes.
- Testprogramm DynQP.EXE (Prototyp) zum Nachweis der Funktionalität des OKSTRA RQCodes und der C++ Bibliothek als ausführbare Datei.
- Diverse Bibliotheksmodule der Firma RIB Bausoftware GmbH, Stuttgart.
- Visual Basic for Applications (VBA).
- einen in Form von OKSTRA RQCode beschriebenen Regelquerschnitt als Testdatensatz für den Prototyp und für die C++ Bibliothek. Dieser Datensatz enthält eine fachliche Gliederung (Modellierung) (Schulung.dqp)
- Detaillierte Beschreibung der Objekte des OKSTRA RQCodes in Form einer Online-Hilfe (OkstraDK.chm).
- Beschreibung der zugelassenen Untermenge des Sprachumfanges von Visual Basic (AnlageA.doc).
- Codierungs- und Dokumentationsrichtlinien für den OKSTRA RQCode (AnlageB.doc).

Diese 10 CDs sind zur Nutzung des Prototypen durch den Auftraggeber und zur Weitergabe durch den Auftraggeber an sonstige interessierte Dritte (Fachexperten, Softwarehäuser) gedacht. Sie enthalten jeweils eine Lizenz VBA, die vom Auftragnehmer kostenlos und zeitlich unbegrenzt zur Verfügung gestellt wird und nur im Zusammenhang mit der Anwendung des Prototypen genutzt werden darf.

Zur Nutzung des Prototypen gelten die als Dokument „NutzungsBedingungen.doc“ beigefügten Nutzungsbedingungen des Prototypen.

2. Die geometrischen Grundlagen des dynamischen Querprofils

2.1 Koordinatensystem, Symmetrie, Vorzeichenregelung

Es gilt die im OKSTRA – Teilbereich Neubaudaten festgelegte **Dreitafelgeometrie** (siehe Schlussbericht, Seite 72 ff.). Das Koordinatensystem des Querprofils ist einer Station einer Achse zugeordnet und steht auf letzterer senkrecht.

Der Ursprung des Koordinatensystems liegt wie folgt (siehe Abb. 1) :

- Rechtswert „Y“ in der Achse
- Hochwert „Z“ bei Höhe 0,00 des gewählten Koordinatensystems

Querprofile haben die Eigenschaft, bezüglich Ihrer Ordinate (Hochachse) im Regelfall Symmetrien aufzuweisen, d.h. fast alle Konstruktionsformen können, wenn auch an verschiedenen Stationen, auf beiden Seiten der Achse in gleicher Weise vorkommen. Diese Symmetrie wird vom Dynamischen Querprofil zur Verkürzung des Beschreibungsumfanges konsequent ausgenutzt. Das hat Auswirkungen auf das Koordinatensystem, das sich wie folgt darstellt:

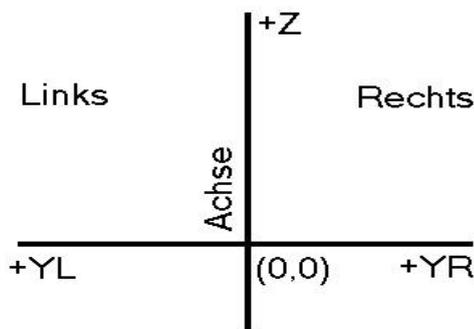


Abb.1: Koordinatensystem des Dynamischen Querprofils

Die Nutzung der Symmetrie hat Auswirkungen auf die Vorzeichenregelung des Dynamischen Querprofils. Es gilt, ebenfalls teilweise von der Dreitafelgeometrie abweichend, nachstehende Vorzeichenregelung:

Typ der Abmessung	Dimension	Vorzeichenregelung	
		Linke Profilseite	Rechte Profilseite
Achsabstände und Breiten	Meter	Nach links positiv, nach rechts negativ	Nach rechts positiv, nach links negativ
Absoluthöhen und Höhendifferenzen	Meter	Nach oben positiv, nach unten negativ	
Neigungen	Prozent	Nach links steigend positiv, nach links fallend negativ	Nach rechts steigend positiv, nach rechts fallend negativ
Neigungen	1:n	Nach links steigend positiv, nach links fallend negativ	Nach rechts steigend positiv, nach rechts fallend negativ
Winkel	Gon	Von der Abszisse rechtsdrehend	Von der Abszisse linksdrehend
Parallelenabstände	Meter	Nach links negativ	Nach rechts negativ
Längen	Meter	Absolut	

Obiger Vorzeichenregelung unterliegen auch die *QP_Punkte* und die *Ausgangsdaten* zum Zeitpunkt ihrer Nutzung im Dynamischen Querprofil.

2.2 Schräge Schnitte

Schräge Schnitte sind nicht zulässig. Der Schnittwinkel des Querprofils mit der Achse beträgt 100 Gon.

2.3 Nebenachsen

Häufig, etwa im Anschlussstellenbereich oder bei nahezu parallelen Straßenführungen, können Querprofile nur unter Berücksichtigung des *Trassenkörpers* anderer *Achsen*, im folgenden Nebenachsen genannt, gebildet werden. Das Dynamische Querprofil unterstützt daher die integrierte Bearbeitung von Dynamischen Querprofilen mehrerer Achsen. Eine Achse bildet (Entscheidung nach fachlichen Kriterien) die Hauptachse, die restlichen Achsen sind Nebenachsen.

Vorausgesetzt wird dabei, dass die korrespondierenden Stationen und Achsabstände der Nebenachsen von der Hauptachse bekannt sind.

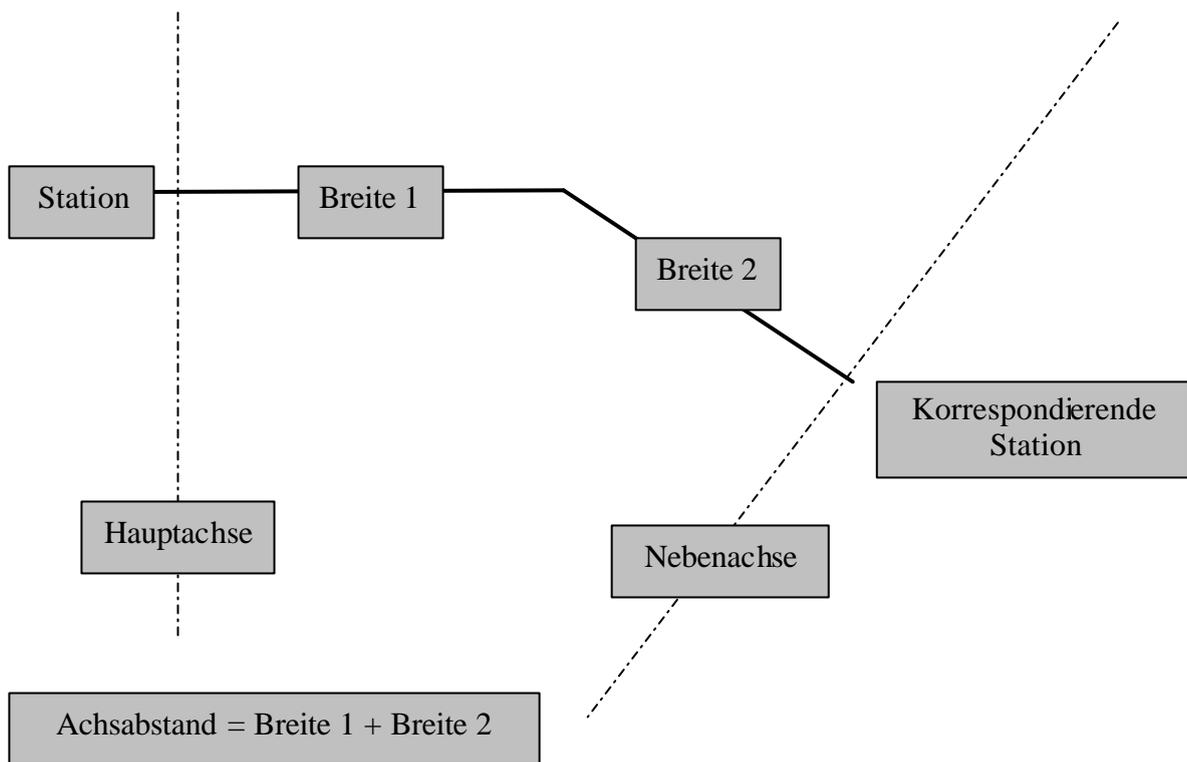


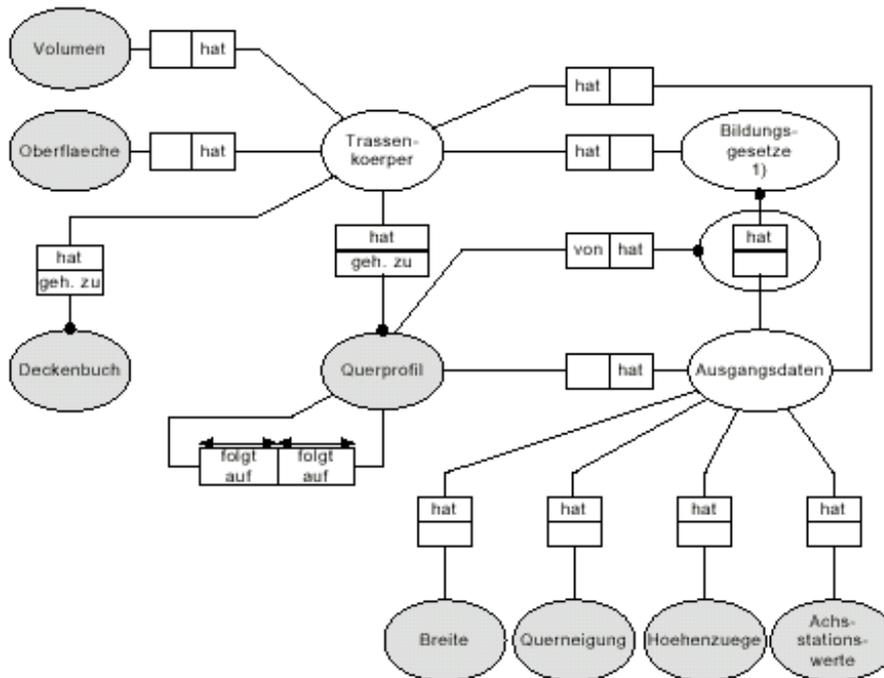
Abb.2: Systemskizze Nebenachsen

3. Die Einbindung des „Dynamischen Querprofils“ in den OKSTRA

Unter OKSTRA wird der Stand des OKSTRA gemäß dem Schlussbericht in der Version vom 28.1.00 verstanden. Auf diesen Schlussbericht verweisen die Objektnummern und Seitenangaben.

Im OKSTRA – Teilprojekt 2 Neubaudaten ist das Dynamische Querprofil bereits als nicht ausgearbeitetes Platzhalterobjekt unter dem Namen *Bildungsgesetze* (Niamdiagramm 3.2.11) enthalten

3.2.11 Trassenkoerper, Bildungsgesetze und Ausgangsdaten



Danach werden die Querprofile (siehe Niamdiagramm 3.2.11) aus den Objekten

- *Bildungsgesetze* (künftig Dynamisches Querprofil genannt) und
- *Ausgangsdaten*
 - *Breite*
 - *Querneigung*
 - *Längsschnittlinie (Höhenzüge)*
 - *Achsstationswert*
 - *Querprofil*

gebildet.

Als Ergebnis der Bildung von Querprofilen entsteht direkt das Objekt

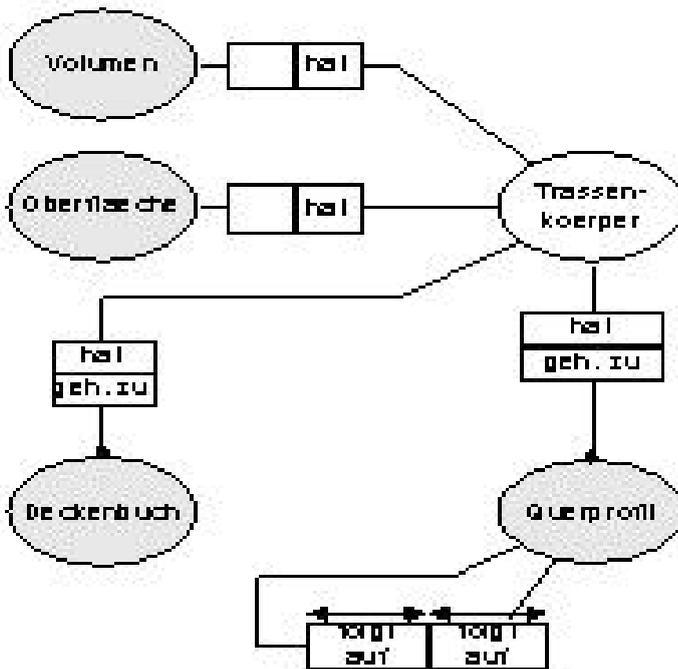
- *Querprofil* (siehe Niamdiagramm 3.2.12)

bzw. indirekt die Objekte

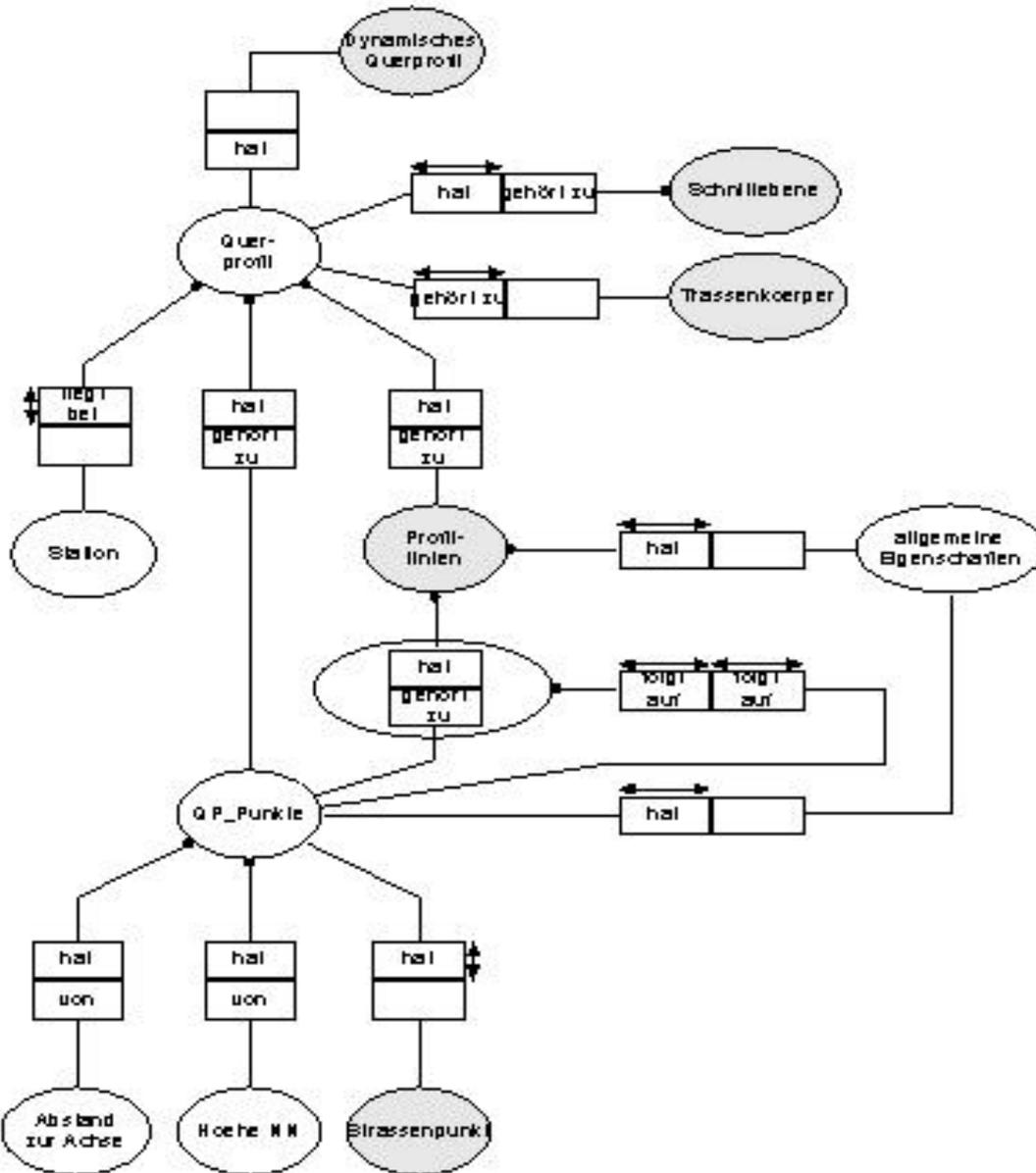
- *Volumen* (siehe Niamdiagramm 3.2.14)
- *Oberfläche* (siehe Niamdiagramm 3.2.15)

4. Die Objekte und die Codierung des Dynamischen Querprofils

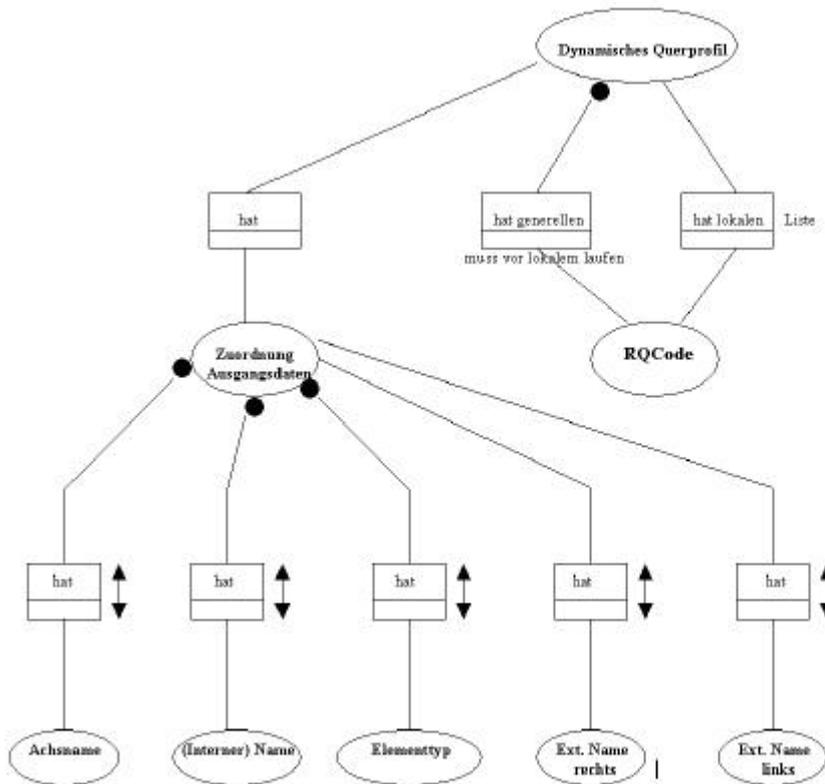
4.1 Niamdiagramme



Geändertes Niamdiagramm 3.2.11 Trassenkörper



Geändertes Niamdiagramm 3.2.12 Querprofil



Zulässige Typen: Achsabstand, Breite, Gradiente, Querneigung, Steuergroesse, Profillinie

Neues Niamdiagramm Dynamisches Querprofil und Zuordnung Ausgangsdaten

4.2 Objekt „RQCode“

Die Gesetze zur Bildung von Querprofilen sind eine Folge von geometrischen Anweisungen (Code), welche die Gestalt aller Querprofile einer Berechnungsmenge (z.B. alle Querprofile einer Achse) in Abhängigkeit von den jeweiligen *Ausgangsdaten* eindeutig beschreiben. Dieser Code bildet das Objekt RQCode. Der RQCode folgt formal der Syntax der objektorientierten Programmiersprache Visual Basic. Da Softwarehersteller zur Auswertung von RQCode mit allerhöchster Wahrscheinlichkeit Programme von Drittherstellern einsetzen, dürfte eine Einschränkung des zulässigen Sprachumfanges in der Praxis nicht durchzusetzen sein. Im Sinne der Lesbarkeit des Codes empfiehlt es sich jedoch, nur eine genau definierte Untermenge von Visual Basic zu verwenden. Diese Untermenge ist in der Anlage A detailliert beschrieben.

Ein weiterer Bestandteil des RQCodes sind die in OKSTRA empfohlenen Codierungs- und Dokumentationsrichtlinien. Diese sind in Anlage B beigefügt.

Die Fachobjekte des RQCodes sind:

- RQLinie
- RQBegrenzungslinie
- RQPunkt
- RQGeomOrt
- RQVariable
- RQInterface

Der Funktionsumfang dieser Objekte ist in einer C++ Bibliothek „Standardfunktionen“ codiert. Diese Bibliothek liegt in Form einer DLL vor und bietet eine COM – Schnittstelle an. Eine ausführliche Beschreibung der Objekte enthält die **Online – Hilfe** zum OKSTRA RQCode. An dieser Stelle wird nur eine beispielhafte und nicht vollständige Übersicht zu den Eigenschaften und Methoden der Objekte gegeben.

Der RQCode nimmt Bezug auf bereits modellierte Objekte des OKSTRA (*Zuordnung Ausgangsdaten*) und erzeugt in Verbindung mit den Ausgangsdaten genau ein *Querprofil*. Zur Berechnung mehrerer Querprofile muss der RQCode in einer Schleife über die gewünschten Stationen aufgerufen werden.

Der RQCode wird im Regelfall vom Fachprogramm aus einer fachlich orientierten Benutzeroberfläche erzeugt. Es gibt aber keine Möglichkeit der Rückführung eines RQCodes zurück in fachliche Programmoberflächen. Die Veränderung eines existierende RQCodes ist damit nur auf der direkten Arbeitsebene „VBA – Editor“ möglich.

Genereller RQCode

Der generelle RQCode gilt für alle zu berechnenden Querprofile der zu berechnenden Querprofilmenge (*Station*). Für jede zu berechnende Querprofilmenge muss es genau einen generellen RQCode geben.

Lokaler RQCode

Die Erfahrung mit vorhandenen einschlägigen Anwendungen lässt erwarten, dass die Erstellung eines Generellen RQCodes, gültig für alle Stationen einer Querprofilmenge, bisweilen nur mit großem Aufwand möglich sein wird. Daher wird in Ergänzung des Generellen RQCodes zusätzlich der Lokale RQCode eingeführt. Bei der Berechnung eines Querprofils werden zunächst der Generelle RQCode und dann, so vorhanden, die Lokalen RQCodes in der jeweils gegebenen Reihenfolge abgearbeitet

Achtung: Mit der missbräuchlichen Anwendung lokaler RQCodes kann der Anspruch des Dynamischen Querprofils, an jeder Station bei veränderten Ausgangsdaten fachlich richtige Querprofile bilden zu können, unterlaufen werden.

Ein professionell erstelltes Dynamisches Querprofil enthält keinen Lokalen RQCode.

Der RQCode erzeugt und benötigt *Profillinien* und *QP_Punkte*. Die Referenzierung der *Profillinien* und *QP_Punkte* erfolgt über deren *Allgemeine Eigenschaften* in Form der Linien- und Punktbezeichnungen der Objekte des RQCodes.

4.2.1 Das Objekt RQLinie

Die RQLinie ist ein polygonaler Linienzug, entsprechend der *Profillinie* des *Querprofils*. Sie wird, entsprechend der Symmetrie, für die rechte und die linke Profilseite gesondert beschrieben. Die RQLinie bildet sich aus RQPunkten. Kreise und Parabeln 2. Ordnung werden als Polygonzug mit beliebig dichter Punktfolge beschrieben. Die RQLinie dient der Applikation zur Visualisierung der Profillinien.

Über RQInterface – Methoden können Profillinien über die Applikation mit den *Profillinien* des *Querprofils* ausgetauscht werden.

Name	Eindeutiger, beliebiger Name einer Linie
Eigenschaften	Erläuterungen
Bedeutung	Beliebiger Text, z.B. Fachbedeutung
AchsName	Achszuordnung
AchsAbstand	Achsabstand, falls Linie zu anderer Achse gehört

Methoden	Erläuterung
AddLin.....	RQLinie an RQLinie anfügen
AddPkt..... , InsPkt....	RQPunkte in RQLinie einfügen
Rep.....	Linienpunkt gegen RQPunkt austauschen
Calc...	Kreis- und Parabelelemente in RQLinie bilden, RQLinien koppeln
Set.....	RQLinie als Parallele zu RQLinie bilden
Get.....	RQPunkte aus RQLinie holen
Del....	Punkte aus RQLinie löschen
Is.....	Informationen über Inhalte der RQLinie abrufen

4.2.2 Das Objekt RQBegrenzungslinie

Die RQBegrenzungslinie ist ein polygonaler Linienzug, entsprechend der *Profillinie* des *Querprofils*. Sie wird, wie die RQLinie, entsprechend der Symmetrie, für die rechte und die linke Profilseite gesondert beschrieben. Die RQBegrenzungslinie bildet sich aus einer Anzahl von Elementen (RQLinie, Strecke von je zwei RQPunkten und RQPunkt). Die Begrenzungslinie dient der Applikation zur Volumen und Flächenberechnung aus Profillinien. Das Ergebnis ist eine Stützpunkfolge.

Über RQInterface – Methoden können RQBegrenzungslinie über die Applikation mit den *Profillinien* des *Querprofils* ausgetauscht werden.

Eigenschaften	Erläuterungen
Kennzahl	Eindeutiger, alphanumerischer Name einer RQBegrenzungslinie
Bedeutung	Beliebiger Text, z.B. Fachbedeutung
AchsName	Achszuordnung, falls Linie zu anderer Achse gehört
AchsAbstand	Achsabstand, falls Linie zu anderer Achse gehört
Count	Information über Anzahl der Elemente der RQBegrenzungslinie

Methoden	Erläuterung
Add.....	Elemente an RQBegrenzungslinie anfügen
Remove...	Elemente aus RQBegrenzungslinie ausfügen (löschen)
Get....	Punkte aus RQBegrenzungslinie holen

4.2.3 Das Objekt RQPunkt

Das Objekt RQPunkt beschreibt einen Querprofilpunkt. Dieser Punkt steht in keinerlei Zusammenhang mit dem *QP_Punkt* des *Querprofils*, sondern dient als Hilfsgröße bei der Bildung von RQLinien und RQBegrenzungslinien. Der RQPunkt ist nicht einer Profilseite zugeordnet. Es gibt keine RQInterface – Methoden zum Austausch von RQPunkten mit der Applikation. Dieser Austausch erfolgt vielmehr indirekt über das Einfügen der RQPunkte in RQLinien und RQBegrenzungslinien und den Austausch der RQLinien mit der Applikation.

Eigenschaften	Erläuterungen
Name	Eindeutiger, beliebiger Name des Punktes
Bedeutung	Beliebiger Text, z.B. Fachbedeutung
Rechtswert ,Hochwert	Koordinaten (Achsabstand und Höhe)
Filter	Lösungsfilter

Methoden	Erläuterung
Calc.....	Berechnen von Abständen und Richtungen aus zwei RQPunkten
Set.....	Berechnen der Koordinaten eines RQPunktes
SetLB.....	Setzen eines Lösungsbereiches
SetSolve	Setzen eines Lösungsfilters

4.2.4 Das Objekt RQGeomOrt

Das Objekt RQGeomOrt beschreibt die Geometrie eines „geometrischen Ortes“. Ein Geometrischer Ort ist eine geometrische Hilfsgröße zum Berechnen der Koordinaten von RQPunkten (siehe Set.... – Methoden beim RQPunkt). Der RQGeomOrt ist ein Polygonzug, ein Kreis oder eine Parabel. Der zu berechnende RQPunkt liegt auf dem RQGeomOrt. Aus dem Schnitt des RQGeomOrt mit einem zweiten Polygonzug (z.B.: RQLinie, Vertikale Gerade, Horizontale Gerade, RQGeomOrt , etc.) ergeben sich die Lösungskordinaten des RQPunktes. Es gibt eine Vielzahl von Typen zur Beschreibung des RQGeomOrt. Der RQGeomOrt ist nicht einer Profilseite zugeordnet. Es gibt keine RQInterface – Methoden zum Austausch von RQGeomOrt mit der Applikation..

Eigenschaften	Erläuterungen
Typ	Typ des RQGeomOrt (z.B.: Parallele zu RQLinie, Vertikale Gerade, Horizontale Gerade, Kreis, etc.)
Methoden	Erläuterung
Is	Gültigkeitsprüfung
Set.....	Aufbau der Geometrie des RQGeomOrt

4.2.5 Das Objekt RQVariable

Das Objekt RQVariable beschreibt Werte, die nicht an jedem Profil die gleiche Größe haben, also von Station zu Station unterschiedlich (variabel) sein können. Die RQVariable enthält zwei Werte, je einen für die rechte und einen für die linke Profilstreife (Symmetrie). Die Dimension der Variablen kann vom Typ Realzahl (DOUBLE), Ganzzahl (INTEGER), logische Größe (BOOLEAN) oder Zeichenfolge („STRING“) sein.

Über RQInterface – Methoden können RQVariable über die Applikation mit Objekten des OKSTRA ausgetauscht werden (siehe auch 4.3 Objekt „Zuordnung Ausgangsdaten“).

Methoden	Erläuterung
Comp....	Höhenvergleich RQPunkt mit RQLinie
Is.....	Vergleich von zwei Werten

Eigenschaften	Erläuterungen
Name	Eindeutiger, beliebiger Name
Bedeutung	Beliebiger Text, z.B. Fachbedeutung
Wert	Wertepaar für rechts / Links

4.2.6 Das Objekt RQInterface

Das Objekt RQInterface beschreibt die Schnittstelle zwischen einer Applikation und dem RQCode. Über diese [In/Out] – Schnittstelle ist ein Austausch der Daten (RQLinien, RQBegrenzungslinie, RQVariable) mit der Applikation gewährleistet.

Methoden	Erläuterung
Get.....	Holen von Daten aus der Applikation
Save.....	Überstellen von Daten an die Applikation
Finish	Meldung der Beendigung der Abarbeitung des RQCodes an die Applikation

4.3 Objekt „Zuordnung Ausgangsdaten“

Der RQCode nimmt Bezug auf bereits modellierte Objekte des OKSTRA (Ausgangsdaten). Das Objekt Ausgangsdatentabelle ordnet den im RQCode definierten abstrakten Ausgangsdaten (Objekte RQVariable und RQLinie) die entsprechenden realen Ausgangsdaten des OKSTRA zu. Der Begriff Ausgangsdaten ist hier als Sammelbegriff für die Objekte

- *Breite (Ausgangsdatentabellentyp Breite und Achsabstand)*
- *Querneigung (Ausgangsdatentabellentyp Querneigung)*
- *Längsschnittlinie (Ausgangsdatentabellentyp Gradiente)*
- *Steuergröße (Ausgangsdatentabellentyp Steuergrösse)*
- *Profillinie (Ausgangsdatentabellentyp Profillinie)*

zu verstehen.

Da das Objekt RQVariable aus Gründen der Symmetrie je einen Wert für die linke und die rechte Profilstreife aufweist, die Ausgangsdaten des OKSTRA diese Symmetrie aber nicht kennen, sind für jedes

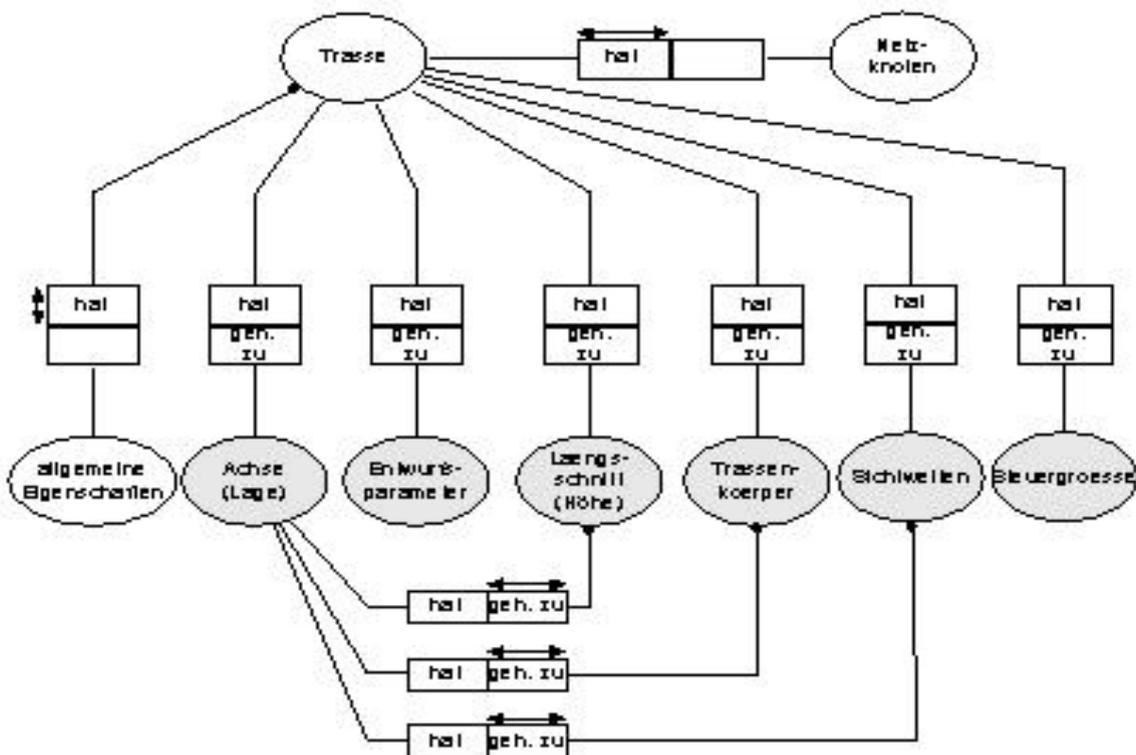
Objekt Ausgangsdaten vom Typ RQVariable zwei Zuordnungen, je eine für die linke und die rechte Profilseite, erforderlich. Der Zugriff auf die Daten geschieht demzufolge über einen internen Namen. Beispiel: Die Deckenquerneigung wird im RQCode zwecks Nutzung der Symmetrie im Regelfall für beide Seiten ein Objekt RQVariable (z.B. mit dem Namen (Bedeutung) „Querneigung_Decke“) sein. Das Querneigungsband für die linke und die rechte Spur sind aber je ein OKSTRA-Objekt Ausgangsdaten (z.B.: „Querneigung“)

Da das OKSTRA-Objekt *Querprofillinie* beide Profilseiten beschreibt, benötigt das Objekt RQLinie nur eine Verknüpfung mit dem realen Objekt *Querprofillinie*.

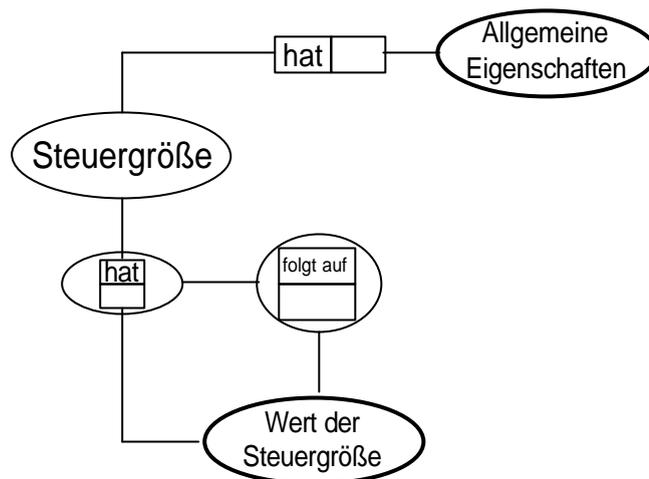
Hinweis: Es ist nicht Aufgabe des Dynamischen Querprofils, aus den OKSTRA-Objekten Ausgangsdaten (z. B. Höhenzug / Gradiente) die jeweils benötigten Stationswerte der RQVariablen zu berechnen und bereitzustellen. Dies ist Aufgabe der Applikation.

4.4 Objekte *Trasse*, *Steuergröße* und *Achsstationswert* und *AW_Koor*

Das bisherige Objekt 3.2.19 *Achsstationswert* und *AW_Koor* entfällt und wird durch das Objekt *Steuergröße* ersetzt.



Geändertes Niamdiagramm 3.2.5 Trasse



Zulässige Typen für die Steuergröße:
Double, String, Boolean

Neues Niamdiagramm Steuergröße

Das neue Objekt *Steuergröße* beschreibt stationsabhängig einen Wert. Der Wert kann vom Typ

- String
- Boolesche Größe (Boolean)
- Realzahl (Double)
- Ganzzahl (Integer)

sein. Der Wert der Steuergrößen vom Typ Integer, String und Boolean gilt von der gegebenen Station bis zur nächstfolgenden Station mit einem anderen Wert. Es erfolgt naturgemäß keine Interpolation. Bei mindestens 2 Steuergrößen vom Typ Double gilt: Werte der Steuergrößen vom Typ Double werden zwischen den gegebenen Stationen linear interpoliert.

Beispiel: Die Entscheidung zur Ausbildung von Damm oder Einschnitt wird im RQCode davon abhängig gemacht, ob die RQVariable „Böschung“ den Inhalt „wahr“ oder „falsch“ hat. Der RQVariablen „Böschung“ ist über die „Zuordnung Ausgangsdaten“ eine Randbedingung vom Typ „Steuergröße“ zugeordnet, aus welcher die RQVariable, bezogen auf Station und Profilstärke, den Wert „wahr“ oder „falsch“ zugewiesen erhält.

4.5 Namensänderung des Objektes *Bildungsgesetze*

Das bisherige Platzhalterobjekt *Bildungsgesetze* wird durch das Objekt *Dynamisches Querprofil* ersetzt.

4.6 Wegfall des Objektes *Ausgangsdaten*

Das Objekt *Ausgangsdaten* entfällt. Das Wort *Ausgangsdaten* wird nur noch als Sammelbegriff für die Objekte

- *Breite*
- *Querneigung*
- *Längsschnittlinie*
- *Steuergröße*
- *Profillinie*

verwendet.

4.7 Erweiterung der Beschreibung der Objekte *Profillinie* und *QP_Punkt*

Der RQCode erzeugt und benötigt *Profillinien* und *QP_Punkte* (3.2.12). Die Referenzierung der *Profillinien* und *QP_Punkte* erfolgt über deren *Allgemeine Eigenschaften* in Form der Linien- und Punktbezeichnungen der Objekte des RQCodes.

4.8 Volumen und Oberflächen

Die bestehenden statischen Modelle brauchen nicht verändert zu werden.

- **Volumen:** Das OKSTRA Objekt *Volumen* (3.2.14) bildet sich aus 0 bis 4 *Profillinien* mit den jeweiligen Gültigkeitsbereichen, folgt also den Regeln der REB - Verfahrensbeschreibungen 21.003 (Elling) und 21.013 (Begrenzungslinien).
- **Oberfläche:** Das OKSTRA Objekt *Oberfläche* (3.2.15) folgt analog zum Volumen den Regeln der REB-Verfahrensbeschreibung 21.033.

Die erforderlichen *Profillinien* können vom Dynamischen Querprofil erzeugt werden.

5. Nebenachsen

Das Dynamische Querprofil unterstützt die Bearbeitung von Nebenachsen (siehe auch 2.3) wie folgt:

- Der RQCode kann Anweisungen zur Bildung von Querprofilen von mehr als nur einer Achse und /oder Anweisungen zur Abarbeitung der RQCodes anderer Achsen enthalten. Damit ist eine „verzahnte“ Bearbeitung des RQCodes mehrerer Achsen möglich. Die Reihenfolge der Anweisungen des RQCodes richtet sich ausschließlich nach den fachlichen Erfordernissen der Geometrie. Die Erstellung des RQCodes für jede Achse erfolgt im Koordinatensystem der jeweiligen Achse unter Ausnutzung der Symmetrie.
- Der RQCode kann auf die Ausgangsdaten beliebiger Achsen zugreifen.
- Der RQCode kann *Querprofile* für beliebige Achsen erstellen.

Voraussetzung für dieses Verfahren ist, dass der Achsabstand und die korrespondierende Station der Nebenachse (siehe 2.3) aus dem OKSTRA Modell ableitbar sind.

Das OKSTRA- Objekt 3.2.13 *Schnittebene und SNT_Punkt* (siehe Anlage D) ist für das Dynamische Querprofil nicht geeignet, da es „statisch“ ist und korrespondierende Stationen bzw. Achsabstände nicht an beliebigen Stationen liefern kann, was für das Dynamische Querprofil aber erforderlich ist..

Deshalb wird als Achsabstand zwingend das Objekt 3.2.17 *Breite, Achsabstand und Lage der Knicklinie* (siehe Anlage D) vorgeschrieben. Aus diesem Objekt kann die Applikationssoftware an jeder beliebigen Station den Achsabstand und die korrespondierende Station ableiten und dem Dynamischen Querprofil zur Verfügung stellen.

Ferner müssen im Regelfall *Querprofile* der Nebenachse an der korrespondierenden Station vorhanden sein.

6. Hinweis zu Vergabe- und Wettbewerbsrechtlichen Auswirkungen.

Mit der Weitergabe eines RQCodes wird erhebliches und teuer erarbeitetes Know-how weitergegeben. Dies betrifft sowohl Anwender (Planungsbehörden, Ingenieurbüros, Baufirmen) als auch Softwarehersteller.

Es ist zu erwarten, dass Auftragnehmer (z.B. Ingenieurbüros, Softwarehäuser) den RQCode als geistiges Eigentum (Eigentums- und Urheberrechte am RQCode) betrachten und nicht zur Weitergabe bereit sind. Da genau dieser Datenfluss Ziel des OKSTRA ist, kann keine technische Lösung gefunden werden. Vielmehr ist eine vertragliche / vergaberechtliche Lösung des Problems zu suchen, was nicht Aufgabe des F+E sein kann.