



Technische Universität Dresden

# Diplomarbeit

Thema:

## "Erarbeitung einer Lernhilfe für die CAD-Ausbildung im Fach Eisenbahnbau"

(Querprofilentwicklung mit dem Programmsystem CARD/1)

Fakultät Verkehrswissenschaften  
"Friedrich List"  
Institut für Verkehrsanlagen  
Professur für Gestaltung von  
Bahnanlagen

Betreuer: Prof.Dr.-Ing. Wolfgang Fengler  
Prof.Dr.-Ing.habil. Manfred Zschweigert  
Dipl.-Ing. Dirk Stollberg



Zur Person

Name: Arne Suschke  
Geboren: 08. Dezember 1975 in Freiberg

Werdengang:

1982 - 1990 Polytechnische Oberschule "W.I.Lenin"  
1990 - 1994 Gymnasium "Geschwister Scholl"  
1994 - 1995 Grundwehrdienst  
seit WS 1995 Studium an der TU Dresden, Studiengang Baingenieurwesen, Studienrichtung Stadtbaugesundheits- und Verkehrswegebau, Vertiefungsrichtung Eisenbahnbau

### Aufgabenstellung

Für den Entwurf und die Planung von Eisenbahnstrecken kommt in der Praxis im verstärkten Maße das Programm CARD/1 zum Einsatz. Bisher wird das Programm jedoch vorwiegend zur Achstrassierung und zur Erzeugung der Achsabsteckung benutzt. Die Bearbeitung des Lageplans und speziell der Querprofile wird häufig auf anderen CAD-Systemen von Hand erledigt. Dies resultiert daraus, dass sowohl die Querprofilgenerierung speziell bei Planungen mit sich stark ändernden Randbedingungen wie Geländeverlauf, Gleisanzahl, Gleishöhenlage als auch der Entwässerungssituation kompliziert ist und eine Vielzahl von Fallunterscheidungen erfordert. Eine Eingabemaske zur unterstützten Querprofilierung gibt es nicht.

Unter diesen Gegebenheiten sind die Ziele wie folgt zu sehen:

- Erzeugung eines digitalen Geländemodells anhand der bereitgestellten Vermessungsdaten
- Programmierung einer nahezu allgemein anwendbaren Querprofil-entwicklungsdatei, welche Querprofile gemäß Modul 800.0130 erzeugt
- Verfassen eines grundlegenden Algorithmus von den Vermessungsdaten hin zum Querprofil

In dieser Diplomarbeit wird eine Lernhilfe für die CAD-Ausbildung im Fach Eisenbahnbau erarbeitet. Speziell geht es um die Querprofilentwicklung mit dem Programmsystem CARD/1. Die Aufgabe ist die Schaffung einer nahezu allgemeingültigen, dokumentierten Querprofilentwicklungsdatei, welche Querprofile gemäß der aktuellen Normen und Richtlinien erzeugt.

Weiterhin wird ausführlich auf die Erzeugung eines dreidimensionalen digitalen Geländemodells eingegangen. Von der Erstellung eines neuen Projektes, über die Eingabe der Vermessungsdaten, die Aufarbeitung der Punkte, das Erstellen von Grenzen, dem Beheben von Fehlern, dem Vermaschen der Punkte bis hin zum fertigen Geländemodell werden alle Schritte erläutert.

Ebenso werden alle Vorarbeiten, wie z. B. die Trassierung im Lage- und Höhenplan, die Probleme und die Grenzen bei der Arbeit mit dem Programmsystem CARD/1 aufgezeigt.

Bei der Erstellung der Diplomarbeit wird ein großer Wert auf die Kommentierung der einzelnen Bearbeitungsschritte gelegt, damit diese Arbeit als Grundlage für neu zu erstellende Lehrmaterialien für CARD/1 angesehen werden kann. Unter zu Hilfenahme der Lehrmaterialien soll den Studenten die Grundlage zur Arbeit mit CARD/1 gegeben bzw. eine autodidaktische CARD/1-Schulung ermöglicht werden.

### Grundlegender Bearbeitungsalgorithmus

#### 1. Anlegen eines neuen Projektes

- Es wird ein neues Verzeichnis erstellt, in dem alle Dateien dieses Projektes gespeichert werden
- Einige Voreinstellungen, wie z. B. die Projektkoordinaten oder die Angabe, dass es sich um ein Bahnprojekt handelt können gemacht werden

#### 2. Erzeugung eines digitalen Geländemodells

- Eingabe der Vermessungsdaten per Hand oder Einlesen über eine Datenschnittstelle

#### 3. Trassierung im Lageplan

- Erzeugen mindestens einer Gleisachse
- Für die Trassierung ist das Hinterlegen von Bestandsplänen von großem Vorteil

#### 4. Trassierung im Höhenplan

- Einen Geländelängsschnitt erhält man durch die Auswertung des digitalen Geländemodells mit der zuvor im Lageplan festgelegten Achse oder durch Eingabe per Hand

#### 5. Generierung von Querprofilen

- Das Geländequerprofil ist für jede Station einer zuvor erstellten Achse über die Auswertung des digitalen Geländemodells darstellbar
- Fertige Querprofile können per Hand (ähnlich anderen CAD-Programmen) erzeugt oder automatisch mittels einer Querprofilentwicklungsdatei generiert werden

#### 6. Erstellen der fertigen Zeichnungen

- Vor dem Ausdrucken muss für jede Zeichnung eine Datei mit Plotvereinbarungen erstellt und ausgeführt werden

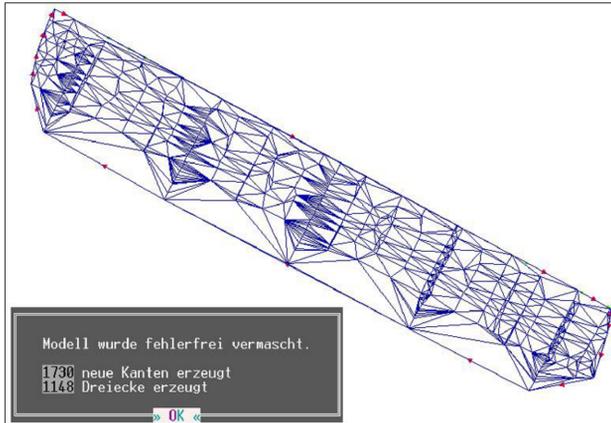
### Thesen zur Diplomarbeit

1. Bei der Programmierung der Querprofilgenerierungsdateien wurde Wert auf eindeutige, einfache und benutzerfreundliche Eingabemasken gelegt.
2. Eine allgemein gültige Entwicklungsdatei für die automatische Erzeugung von Querprofilen mit dem Programm CARD/1 ist mit vertretbarem Aufwand nicht möglich.
3. Vor der Querprofilgenerierung mit CARD/1 muss ein digitales Geländemodell erstellt und eine Gleisachse im Lage- und Höhenplan trassiert worden sein.
4. Die Erstellung der Querprofilgenerierungsdateien erfolgte unter der Anwendung der aktuellen Normen und Richtlinien.
5. Die Arbeit soll die Grundlage zu weiteren Untersuchungen und Diskussionen bezüglich der Querprofilgenerierung mit CARD/1 darstellen.
6. Ohne dreidimensionales digitales Geländemodell kann man die umfangreichen Möglichkeiten des CARD/1-Systems nur bedingt ausnutzen.
7. Bei der automatischen Querprofilgenerierung kann die Darstellung der Entwässerung nur beispielhaft sein, da bei einer genauen Berechnung der Entwässerungssysteme die anliegenden Flächen mit einbezogen werden müssen.
8. Sonderbauwerke, wie Brücken, Tunnel, Lärmschutzwände oder seitliche Stützmauern können in allgemeinen Querprofilentwicklungsdateien nicht mit berücksichtigt werden.
9. Um Planungsfehler zu vermeiden, müssen die von CARD/1 automatisch erzeugten Querprofile noch einmal hinsichtlich ihrer Plausibilität geprüft werden.

Mit dem Programm können folgende Elemente eines Querprofils in Abhängigkeit der Überhöhung und der Geschwindigkeit dargestellt werden:

- Das Urgelände
- Das Schotterbett mit Schwelle
- Das Planum
- Das Erdplanum
- Eine Bodenverbesserung bzw. eine HGT
- Die Lichtraumgrenzungslinie
- Die Lichtraumgrenzung für Oberleitungen
- Eine Graben- oder Muldenausbildung
- Eine Tiefenentwässerung
- Ein variabler Kabelkanal
- Anschluss des neuen Querschnittes an das Urgelände

Die Darstellung der Entwässerung erfolgt nicht auf der Basis einer Regenwassermengenmessung. Deshalb können die Mulden und Gräben nur als Beispiellösung für eine Entwässerung angesehen werden.



fertig vermaschtes digitales Geländemodell

### Querprofilgenerierung

In dem CARD/1-System sind lediglich sogenannte Muster-Querprofil-entwicklungsdateien vorhanden, die auch nur schlecht dokumentiert sind bzw. den aktuellen Anforderungen des DB-Regelwerkes nicht entsprechen. Deshalb war die Aufgabe dieser Diplomarbeit eine nahezu allgemein anwendbare, dokumentierte und dem Modul 800.0130 entsprechende Querprofilentwicklungsdatei zu erstellen.

Während der Bearbeitung musste allerdings festgestellt werden, dass die Erzeugung einer allgemein gültigen Generierungsdatei mit CARD/1, bei vertretbarem Aufwand in der Programmierung, nicht zu erfüllen ist. Deshalb wurden bei der Programmierung nur die beiden Varianten der ein- und zweigleisigen Querprofile berücksichtigt.

In CARD/1 gibt es 4 verschiedene Arten von Querprofilentwicklungsdateien

#### Allgemeine Entwicklungsdateien

- Sie enthalten Anweisungen für immer wieder benötigte Standardanwendungen

#### Neutrale Entwicklungsdateien

- Diese Dateien sind achsneutral d. h., dass die Anweisungen speziell für ein Projekt, aber für verschieden Achsen geschrieben werden können

#### Zentrale Entwicklungsdateien

- Das sind achsneutrale allgemeine Entwicklungsdateien, die für alle Projekte verfügbar in dem Zentralprojekt CARD abgelegt sind

#### Dialoggeführte Entwicklungsdateien

- Alle Parameter, die für verschiedene Anwendungen variabel gehalten werden müssen, werden vom Anwender in Bildschirmdialogen abgefragt

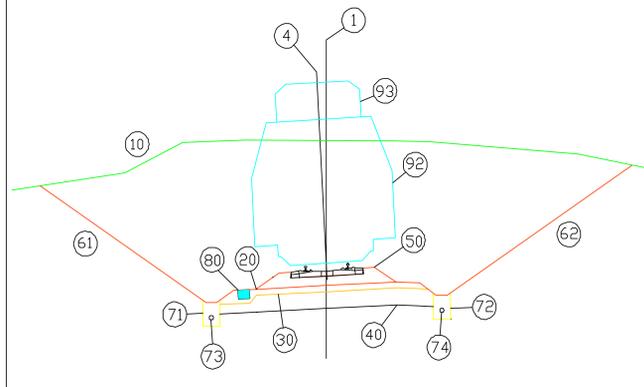
### Schreiben von Entwicklungsdateien

Eine Entwicklungsdatei für die CARD/1-Querprofilentwicklung besteht aus einer Reihe von Anweisungen, die vom Programm gelesen, interpretiert und ausgeführt werden. Vor dem Schreiben einer neuen Entwicklungsdatei sollte das zu erstellende Querprofil genau analysiert werden. Dabei ist es ratsam, dass unter anderen folgende Fragen geklärt werden:

- Aus welchen Elementen besteht das Profil?
- Welche unterschiedlichen Kombinationen kommen vor (Damm, Einschnitt, Graben, Mulde)?
- Welche Parameter werden durch welche Stationsdaten bestimmt (zum Beispiel die Überhöhung, die Gradienten oder Gräben)?
- Welche Schichten werden benötigt (Schotterbett, Planum, Planumsschutzschicht, hydraulisch gebundene Tragschicht usw.)?
- Welche Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Elementen gibt es und in welcher Reihenfolge müssen sie konstruiert werden (zum Beispiel sind die Böschungen von den Dammbreiten abhängig)?
- Wofür werden die entwickelten Profillinien benötigt (für die Darstellung, für die Massenberechnung usw.)?

Aus den Antworten zu diesen Fragen kann man die Anzahl, die Art, die Reihenfolge und die Form der benötigten Profillinien ableiten. Weiterhin ist daraus die grobe Struktur des Entwicklungsablaufes zu erkennen. Bei der Programmierung muss dann der Ablauf in kleine Abschnitte zerlegt und in Anweisungen, die vom CARD/1-Editor gelesen werden können, umgesetzt werden. Eine Entwicklungsdatei besteht in der Regel aus einem Vereinbarungsblock, der am Anfang steht und einem oder mehreren Stationsblöcken. Der Vereinbarungsblock enthält die Anweisungen, die nur einmal ausgeführt werden müssen. In den Stationsblöcken stehen die Anweisungen, die für jede Station wieder ausgeführt werden, um die einzelnen Profillinien zu erzeugen.

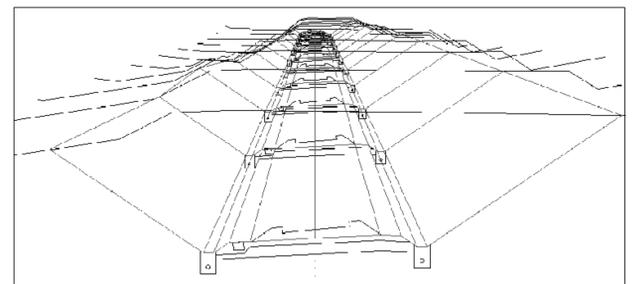
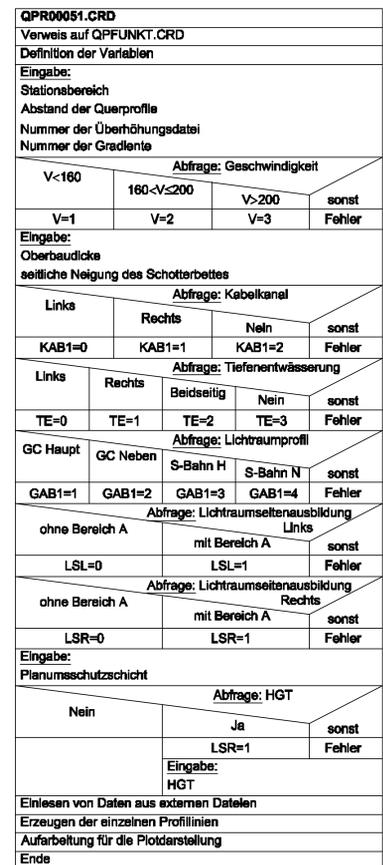
### Profilliniennummernvergabe bei eingleisigen Strecken



Die Vergabe der Profilliniennummern erfolgte systematisch und lässt noch Erweiterungen zu. In der nachstehenden Tabelle sind die Linien eines eingleisigen Querprofils der Reihenfolge nach aufgeführt.

Nr.	Erläuterung
1	Gleisachse senkrecht
4	Lichtraumprofilachse
10	Urgelände
20	Planum
30	Erdplanum
40	Bodenverbesserung / HGT
50	Schotterbett
61	Böschung links
62	Böschung rechts
71	Tiefenentwässerung links
72	Tiefenentwässerung rechts
73	Entwässerungsrohr links
74	Entwässerungsrohr rechts
80	Kabelkanal
90	Schienerlage
91	Schwelle
92	Lichtraumgrenzungslinie
93	Lichtraum für Oberleitung
95	Neue Geländelinie

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde die Querprofilentwicklungsdatei QPR00051.CRD erstellt. Diese Datei ist eine dialoggesteuerte Generierungsdatei für eingleisige Bahnrassen. Sie erzeugt automatisch, unter Verwendung der Vorgaben, Querschnitte des Bahnkörpers unabhängig von Einschnitt- oder Dammlage. In der folgenden Abbildung ist der Aufbau dieser Entwicklungsdatei als vereinfachtes Struktogramm dargestellt.



perspektivische Darstellung mehrerer Querprofile mit Verbindungslien

### Auswertung

Obwohl das Programmsystem CARD/1 ein sehr umfangreiches Trassierungsprogramm ist, kann man mit ihm durch die Unterteilung in einzelne Module sehr gut arbeiten. Es ist allerdings eine relativ lange Phase der Einarbeitung erforderlich, welche auch nicht durch das sehr umfangreiche aber wenig nützliche CARD/1-Handbuch verkürzt werden kann. Ohne eine CARD/1-Schulung oder einen entsprechenden Mentor ist das Arbeiten mit diesem System nur schwer zu erlernen.

Laut Aufgabenstellung sollte aus den vorhandenen Vermessungsdaten ein dreidimensionales digitales Geländemodell generiert werden. Ebenso bestand die Forderung nach einem grundlegenden Algorithmus von den Vermessungsdaten hin zum fertigen Querprofil. Beide Aufgaben konnten ohne größere Schwierigkeiten gelöst werden.

Problematischer sah es dagegen mit der Programmierung einer nahezu allgemein gültigen Querprofilentwicklungsdatei aus. Hier musste schnell eingesehen werden, dass in der kurzen Bearbeitungszeit und bei einem angemessenen Programmieraufwand einige Abstriche gemacht werden müssen. So konnten Sonderbauwerke wie Brücken, Tunnel, Lärmschutzwände oder seitliche Stützmauern nicht mit bei der Programmerstellung berücksichtigt werden. Ebenso kann die Darstellung der Entwässerung nur beispielhaft sein, da bei einer genauen Berechnung der Entwässerungssysteme die anliegenden Flächen mit einbezogen werden müssen.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde die automatische Querprofilgenerierung auf maximal zwei Gleise beschränkt. Es wurden jedoch die speziellen Funktionen der Datei QPFUNKT.CRD so gestaltet, dass sie auch für mehrgleisige Strecken verwendet werden können. Möchte man drei- oder mehrgleisige Querschnitte mit diesen Funktionsblöcken erstellen, so muss man jeden Querschnitt noch per Hand nachbearbeiten. Auf diese Art und Weise ist auch die Darstellung eines Bahnhofes mit großen Gleisanlagen denkbar.

### Ausblick

Weiterhin sind bei der Bearbeitung viele Ideen zur Verbesserung und Erweiterung der Querprofilentwicklungsdateien entstanden. So könnte zum Beispiel die Abfrage des anstehenden Bodens und somit die automatische Wahl der entsprechenden Böschungsneigungen in Einschnitt- bzw. Dammlage eingearbeitet werden. Auch die horizontalen und vertikalen Ausdehnungen des Kabelkanals können mit in die Abfragemasken aufgenommen werden. Die Darstellung eines variablen Kabelkanals ist in den Funktionsblöcken schon vorgesehen. Um bei Falscheingaben nicht immer das ganze Programm abbrechen zu müssen wäre es sinnvoll, am Ende einer jeden Abfragemaske eine Bestätigung der Eingaben einzubauen. Wenn die Eingaben von dem Anwender nicht bestätigt werden können, springt das Programm dann wieder an den Anfang der jeweiligen Abfragemaske. Auch die Erdmassenermittlung könnte mit einbezogen werden.