Handbuch HaLiFa

PG369
Lehrstuhl 4
Fachbereich Informatik
Universität Dortmund

8. November 2001

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1

Einführung

1.1 Vorwort

Der öffentliche Personennahverkehr, und insbesondere der Busverkehr, ist so allgegenwärtig, dass er aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken ist. Meistens tritt dieses Verkehrsnetz nur dann ins Bewusstsein, wenn es — aus welchen Gründen auch immer — zu Störungen kommt. Dabei sind Störungen der Art zu verschmerzen, welche sich nur temporär auswirken. Störungen hingegen, welche nicht nur temporär, sondern dauerhaft als Teil des Netzes existieren (z.B. Abfahrt des Anschlussbusses 2 Minuten vor Ankunft des eigenen Busses), ergeben ein Ärgernis, welches die Frage aufwirft, ob derartige Konstellationen nicht zu vermeiden sind.

Dabei wird leicht übersehen, dass die Planung eines derartigen Netzes eine extrem komplexe Aufgabe ist. Die Komplexität wird durch steigende Fahrgastzahlen, über steigende Erwartungen der Fahrgäste, sowie den steigenden Finanzdruck der Verkehrsbetriebe erhöht. Heute stützt sich die Planung von Busliniennetzen im großen Umfang auf die Intuition und Erfahrung von Angebotsplanern. Eine Rechnerunterstützung der eigentlichen Planung wird nur in geringem Maße geboten und dient hautpsächlich zur Veranschaulichung der Planerideen und deren Wirkungsgefüge. Im folgenden wird ein System vorgestellt, welches die Planung von Busnetzen weitestgehend automatisieren soll.

Der Name HaLiFa ist ein Akronym aus Haltestellen, Linienplan, Fahrplan. Dieser Name ist während der Arbeit an diesem Programm entstanden und beschreibt die Fähigkeiten von HaLiFa. Aus einem Straßenplan, welcher in digitaler Form vorliegt, wird ein komplettes Busnetz mit Haltestellen, Linien und einem Fahrplan generiert.

1.2 Motivation

Dieses Programm ist im Rahmen einer Projektgruppe, die vom Lehrstuhl 4 des Fachbereichs Informatik der Universität Dortmund veranstaltet wurde entstanden. Die Aufgabe der Projektgruppe bestand darin, einen rechnergestützten Entwurf eines Nahverkehrssystmes zu ermöglichen. Die Planung der Haltestellen, Linien und des Fahrplans sollte dabei weitesgehend automatisiert werden.

Um eine möglichst große Flexibilität bei dem Entwurf des Netzes zu bieten, stehen eine Vielzahl von Startparametern zur Verfügung.

1.3 Einführende Begriffe

Fahrtwunsch Der Bedarf einer bestimmten Anzahl Menschen nach Beförderung von einem Punkt A zu einem Punkt B.

Geo-Informationssystem Ein System zur Verwaltung, Anzeige und Verarbeitung von geografischen Daten mit Computerhilfe.

Pendler Personen, die das öffentliche Verkehrssystem nutzen, um auf einer regelmäßigen Basis einen Ort aufzusuchen, dort etwas Zeit verbringen, und schließlich wieder zu ihrem Ausgangspunkt zurückkehren.

1.4 Konventionen

Folgende typografische Konventionen werden in diesem Dokument verwendet:

`Schreibmaschinenschrift` wird verwendet, wenn der angegebene Text einen Dateinamen oder einen Text aus einer Datei bezeichnet.

Schrägschrift wird verwendet, um Eigenschaften des Programms zu kennzeichnen, die in der vorliegenden Version nicht implementiert sind.

Kapitel 2

Installation

2.1 Hardware-Voraussetzungen

Um einen einwandfreien Betrieb der Software gewährleisten zu können müssen die folgenden Vorraussetyungen erfüllt sein: Als Hardware wird eine SUN UltraSparc™unter SunOS 5.6 benötigt. Die Mindestanforderung ist ein SUN Ultra 5 mit 128 MB RAM. Empfohlen wird eine SUN Ultra 10 mit 256 MB Hauptspeicher.)

Es werden etwa 20 Megabyte Speicherplatz im Dateisystem des Anwenders, zuzüglich dem Platz, welchen die GEO Daten belegen, benötigt. Zur Ausführung wird darüber hinaus die gleiche Menge temporärer Speicherplatz unter `/tmp` belegt. Bei der Datenbank sollte Speicherplatz von etwa dem 10-fachen Umfang bereitstehen, den die Daten auf dem Dateisystem belegen.

2.2 Software-Voraussetzungen

2.2.1 Betriebssystem

Als Betriebssystem wird SunOS 5.6 oder höher benötigt. Weiterhin benötigt das Programm eine X11R6™-kompatible Anzeige mit mindestens 256 Farben.

2.2.2 Weitere Software

Weiterhin ist HaLiFa abhängig von einigen Softwarepaketen von Drittanbietern:

- GRASS

  Ein Geoinformationssystem, welches frei verfügbar unter der GNU General Public License (GPL)[1] zur Verfügung steht. Dieses System wird benötigt, um geografische Daten wie Straßenläufe, Bebauung und Haltestellen etc. zu speichern und anzuzeigen. Die Daten über die zu bearbeitende Gegend müssen in einem für GRASS lesbaren Format vorliegen. GRASS selbst ist erhältlich unter `http://www.geog.uni-hannover.de/grass/index2.html`. Da vorwiegend Daten im Vektorformat verwendet werden, wird mindestens die Version 5.0 benötigt.

- ORACLE-Datenbank

  Eine SQL-Datenbank, welche von der Oracle Corporation (`www.oracle.com`) vertrieben wird. HaLiFa ist spezifiziert für die Zusammenarbeit mit Oracle 7.3.2. Der Zugriff auf die Datenbank über Netzwerk wird unterstützt.

- Tcl-Tk 8.0

  Wird zur Erzeugung der Menüstruktur sowie den Ein- und Ausgabefenstern verwendet. Desweiteren erfolgt die Ansteuerung von GRASS über Tcl-Tk.

[1] Die GPL ist erhältlich unter `http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html` oder bei der Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111, USA

2.3 Benötigte Daten

2.3.1 Geografische Daten

GRASS verwaltet seine Daten auf verschiedenen Ebenen (genannt Layern) einer Datei. Von dem zu bearbeitenden Stadtgebiet werden folgende Daten in einem von GRASS lesbaren Format benötigt:

- Straßenzüge, unterteilt nach
  - Hauptstraßen, liegen auf einem Layer mit dem Namen `hau_stra`
  - sonstige Straßen, liegen auf einem Layer mit dem Namen `son_stra`
  - Wege, liegen auf einen Layer mit dem Namen `weg`
- Gebäude, liegen auf einem Layer mit dem Namen `gebaude`

Soweit nicht anders angegeben, müssen diese Daten als Vektoren vorliegen.

2.3.2 Bevölkerungsdichte

Die Bevölkerungsdichte wird bezirkorientiert abgespeichert. Dazu wird jeder Bezirk durch seinen Namen identifiziert, und mit einem Mittelpunkt und einem Radius sowie der Anzahl der Bewohner versehen. Diese Daten werden in der Datei `Bevoelkerungsdichte.csv` gespeichert. Diese Datei ist in D.3 beschrieben. Für gewöhnlich reicht es, einen Stadtteil als Bezirk zu nehmen, aber auch kleinere Aufteilungen sind denkbar, wie zum Beispiel jede Wohngegend als Bezirk zu nehmen, so dass alle Bezirke eine in sich homogene Demografie haben. Die Bezirke werden definiert in der Datei `Bezirke.csv`. Das Format dieser Datei wird beschrieben in D.1.

2.3.3 Pendlerdaten

Die Pendlerdaten sind wie die Bevölkerungsdichte bezirksorientiert. Dabei wird je einem Paar von Stadtteilen die Anzahl der Personen zugeordnet, die dazwischen pendeln. Dabei wird noch unterschieden zwischen Start- und Zielbezirk. Dabei beginnen die Personen ihren Tag im Startbezirk und beenden ihn auch dort, aber halten sich während der Geschäftszeiten im Zielbezirk auf. Diese Daten werden definiert in der Datei `Pendlermatrix.csv`. Das Format dieser Datei wird beschrieben in D.2.

2.3.4 Fahrtwunschdaten

Fahrtwunschdaten beschreiben, wieviele Personen an einem durchschnittlichen Tag von Punkt A nach Punkt B wollen. Diese Daten werden in der Datei `Quellezielmatrix.csv` definiert. Das Format dieser Datei wird beschrieben in D.4.

2.4 Vorgehensweise bei der Installation

Diese Beschreibung setzt eine funktionsfähige und produktive Arbeitsumgebung voraus, welche den Anforderungen aus 2.1 und 2.2.1 genügt. Für die Vorgehensweise sei an dieser Stelle auf das Solaris-Installationshandbuch verwiesen.

2.4.1 Verzeichnisstruktur

Wie unter UNIX üblich, wird auch bei HaLiFa das Programm separat von den Daten gespeichert. Der Ort, an dem dies geschieht, unterliegt keinen besonderen Anforderungen, es empfiehlt sich jedoch, das Programm in ein Verzeichnis zu speichern, welches im Pfad für ausführbare Programmdateien liegt. Die Pfade sämtlicher Dateien, von denen Halifa abhängig ist, können frei konfiguriert werden.

2.4.2 GRASS

Bei der Installation sind keine Besonderheiten zu beachten. Die genaue Vorgehensweise zur Installation von GRASS ist in der Dokumentation von GRASS beschrieben, daher wird hier nicht näher darauf eingegangen.

2.4.3 ORACLE

Die Vorgehensweise bei der Installation ist in der Dokumentation ausführlich beschrieben. Folgende Dinge sind allerdings zu beachten:

- die SID muss `PG369` lauten
- die Datenbank muss im Pfad liegen
- die Variable `TWO_TASK` muss ebenfalls `PG369` lauten

2.4.4 HaLiFa

Die Installation von HaLiFa besteht aus folgenden Schritten:

1. Kopieren der Programmdatei von HaLiFa in ein Verzeichnis im Pfad. Für gewöhnlich sind `/usr/bin` bzw. `/usr/local/bin` geeignet. Die genaue Vorgehensweise ist im UNIX-Anwenderhandbuch beschrieben.
2. Installation der Daten. Die Daten müssen in einem Verzeichnis liegen, das für jeden lesbar ist, der mit den Daten arbeiten will. Bei einer Nutzung durch nur eine Person bietet sich das Heimverzeichnis des Benutzers an, bei einer Installation für mehrere Benutzer ist `/usr/share/halifa` bzw. `/usr/local/share/halifa` sinnvoll.

Kapitel 3

Kurzübersicht der Programmfunktionalität

3.1 Anlegen eines Projektes

Bevor mit der Planung begonnen wird, legt der Anwender ein Projekt an unter dem die anschließend berechneten Daten und Ergebnisse gespeichert werden. Es besteht die Möglichkeit mehrere Projekte anzulegen um somit verschiedene, voneinander unabhängige Szenarien verwalten zu können (siehe 4.2 und 4.3).

3.2 Einstellungen der einzelnen Module

Im nächsten Schritt werden die Startparameter der einzelnen Module festgelegt. Diese werden ebenfalls unter der aktuellen Projekt ID gespeichert (siehe 4.5).

3.3 Anzeige Optionen

Das grafische Anzeigefenster bietet die Möglichkeit, verschiedene Daten ein- und auszublenden. Angefangen bei den Eingangsdaten, wie dem Straßennetz auf dem die Planung durchgeführt werden wird, ggf. angegebenen Pflichthaltestellen, über Zusatzinformationen wie umliegende Gebäude und einer Maßstabsanzeige. Desweiteren können die vom Programm berechneten Daten wie der Wegenetzgraph, sowie die berechneten Haltestellen und Linien angezeigt werden. Weitere zur Verfügung stehende Funktionen sind die Ausschnittsvergrößerung, sowie das "Weiterblättern" der Karte (siehe 4.6).

3.4 Programm-Ablauf

Der Ablauf des Programms ist durch die sequentielle Arbeit der Module und deren Abhängigkeiten von den vorherigen Ergebnissen festgelegt. Das Funktionsmenü spiegelt diesen Aufbau wieder, indem es nur die Funktionen zur Verfügung stellt, die zu dem Zeitpunkt auch ausgeführt werden dürfen. Beispiel: Es kann kein Linienplan berechnet werden, wenn noch keine Haltestellen existieren. Um die Konsistenz zu erhalten, müssen bei einer Änderung der Voraussetzungen eines Moduls, z.B. durch den Neustart der Haltestellenberechnung, die Folgemodule ebenfalls erneut aufgerufen werden. Auch dies wird durch das Funktionsmenü sichergestellt. Während der Ausführung eines Moduls, werden mit Ausnahme der Abbruchfunktionen, sämtliche Schritte innerhalb eines Menüs deaktiviert. So wird der unerlaubte Gleichzeitige Start mehrerer Module vermieden (siehe 4.9).

3.4.1 Planung der Haltestellen

Bevor das Haltestellen-Modul gestartet wird, können Pflichthaltestellen gesetzt und gelöscht werden. Diese Haltestellen fließen in jedem Fall unverändert in das Ergebnis ein. Sie können entweder durch die direkte Angabe der Koordinaten oder durch einen Klick mit der Maus auf die Herne-Karte gesetzt werden. Da die Anpassung an das Straßennetz im Haltestellenmodul erfolgt, müssen die Pflichthaltestellen nicht auf den Straßen liegen. Als Zusatzoption können auch die Herner Haltestellen als Pflichthaltestellen gesetzt werden. Das

Löschen erfolgt analog dem Setzen durch eine direkte Angabe der Koordinaten oder durch den entsprechenden Mausklick. Zusätzlich lassen sich auch alle Haltestellen über die entsprechende Schaltfläche entfernen. Nachdem die Berechnung abgeschlossen ist, wird das Ergebnis automatisch auf der Herne-Karte angezeigt. Haltestellen werden durch grüne Kreuze, der Wegenetzgraph durch blaue Linien repräsentiert.

3.4.2 Planung der Linien

Nach der Berechnung der Haltestellen können die Pflichtlinien für das Linienplan-Modul gesetzt werden. Im Pflichtlinienfenster lässt sich per Knopfdruck eine neue Linie hinzufügen. Nach Selektion einer Starthaltestelle, wird automatisch eine Liste der von dort erreichbaren Haltestellen angelegt. Diese erreichbaren Haltestellen werden auf der Karte markiert. Der Anwender selektiert eine dieser Haltestellen und der Prozess setzt sich fort bis er die Eingabe beendet. Die so erstellte Linie wird als Pflichtlinie gespeichert. Anschließend kann die automatische Linienplangenerierung gestartet werden. Die gesetzten Pflichtlinien werden dabei berücksichtigt.

3.4.3 Planung des Fahrplans

Die Berechnung des Fahrplans weicht in seinem Vorgehen von dem der anderen Module ab. Zuerst wird die Fahrplanberechnung initialisiert. Hier werden vorbereitende Berechnungen vorgenommen, die als Basis der Nachfolgenden dienen. Anschließend lassen sich direkte Bindungen, Mindestumsteigezeiten und Mindesthaltezeiten festlegen. Anschließend kann die eigentliche Fahrplanberechnung gestartet werden. Es besteht die Auswahl zwischen der drei Lösungsansätze: heuristisch, Entscheidungsbaumverfahren und der sukzessive Lösungsverbesserung. Die sukzessive Lösungsverbesserung ist beim ersten Durchlauf nicht anwählbar, da zunächst mit einem der ersten beiden Verfahren eine Lösung ermittelt werden muss. Ist diese Fahrplanberechnung abgeschlossen, besteht die Wahl zwischen der Berechnung der Gütemaße des Fahrplans, oder der Fertigstellung des Fahrplans. Diese beiden Punkte können unabhängig voneinander gewählt werden. Zur Fertigstellung des Fahrplans, erscheint ein Dialog, in dem das zu betrachtende Zeitintervall, zusammen mit einer Abfahrtsminute, von der aus die Berechnung starten soll, abgefragt wird. (Beispiel: Wird als Zeitintervall 8:00 bis 10:00 Uhr angegeben, sowie als Abfahrtsminute 7, so fängt die Berechnung bei 8:07 Uhr an). Zusätzlich wird eine Haltestelle und eine dort verkehrende Linie angegeben, von der die Berechnung aus gestartet wird. Nach Abschluss dieser Berechnung ist der Fahrplan erstellt und lässt sich als Linien-Fahrplan (welche Haltestellen wann befahren werden) oder als Haltestellen-Fahrplan (welche Linien wann an dieser Haltestelle abfahren) anzeigen.

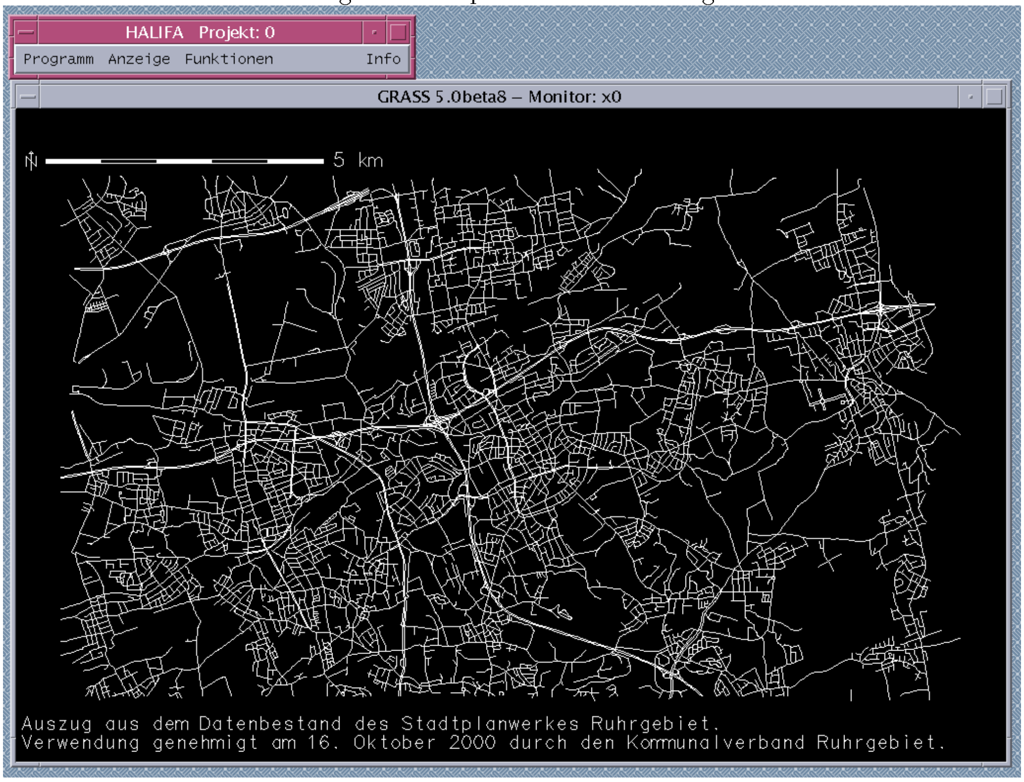
Kapitel 4

Detaillierte Beschreibung der Programmfunktionen

4.1 Gesamtübersicht

Die grafische Oberfläche von HaLiFa setzt sich aus dem Anzeigefenster des Geoinformationsystemes GRASS und einer Menüleiste zusammen. Über die Menüleiste werden die einzelnen Programmfunktionen zugänglich gemacht, wobei die geografische Visualisierung der Ein- und Ausgabedaten über das GRASS Fenster erfolgt. Abbildung 4.1 zeigt HaLiFa nach dem Start. Im GRASS Fenster werden die Eingabedaten, hier das Straßennetz von Herne, angezeigt. Eine genauere Beschreibung der über die Menüleiste aufrufbaren Funktionen erfolgt im Folgenden.

Abbildung 4.1: Komplettansicht des Programms

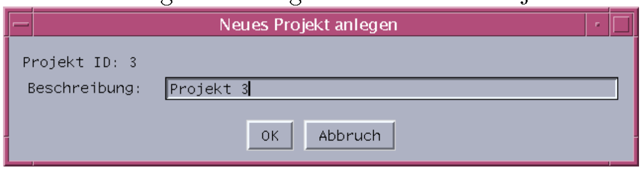


4.2 Programm

4.2.1 Neues Projekt anlegen

Bevor mit der Planung begonnen wird, muß zunächst ein Projekt angelegt werden, unter dem die anschließend berechneten Daten und Ergebnisse gespeichert werden. Es besteht die Möglichkeit mehrere Projekte anzulegen um somit verschiedene, voneinander unabhängige Szenarien verwalten zu können. Das Anlegen eines Projektes erfolgt unter dem Menüpunkt Programm/Neus Projekt anlegen. Einem Projekt wird eine automtisch generierte ID zugewiesen. Darüberhinaus kann eine frei wählbare Beschreibung eingegeben werden. Abbildung 4.2 zeigt das entprechende Fenster.

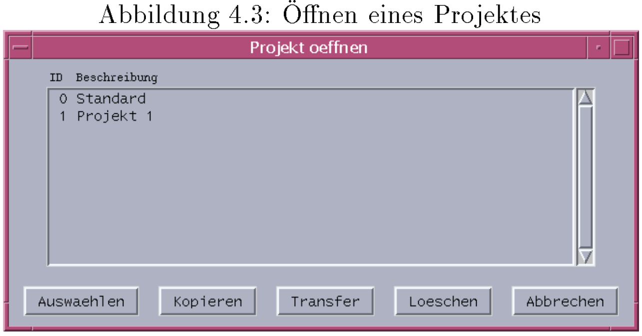
Abbildung 4.2: Anlegen eines neuen Projektes



4.2.2 Projekt öffnen

Zwischen den bereits angelegten Projekten kann mittels Programm/Projekt öffnen hin und her geschaltet werden. Die ID des momentan aktiven Projektes wird in der Titelleiste des Programms angezeigt. Zum Wechseln des aktuellen Projektes ist im "Projekt öffnen" Fenster, das entsprechende Projekt zu markieren und der "Auswählen" Knopf zu betätigen. Weitere hier zur Verfügung stehende Funktionen sind das Löschen eines Projektes, das Kopieren eines bestehenden Projektes sowie der Transfer eines Projektes in einen öffentlichen Austauschbereich. Beim Kopieren und beim Transfer wird die Ziel-ID automatisch vergeben. Die Beschreibung hingegen, kann frei gewählt werden. Durch das Kopieren eines Projektes können bereits berechnete Szenarien kopiert werden um sie anschließend getrennt voneinander weiterverarbeiten zu können. Wird HaLiFa im Mehrbenutzerbetrieb verwendet, erhält jeder Benutzer seine eigene Projektumgebung. Vom Benutzer A angelegte Projekte sind für den Benutzer B nicht sichtbar. Zu diesem Zweck steht der Transferbereich zur Verfügung. Wird ein Projekt in den Transfer Bereich kopiert, kann es jeder Benutzer mittels der Projekt-Import Funktion (Siehe 4.2.3) in seine eigene Projektumgebung kopieren. (Abbildung 4.3 zeigt den Projekt-öffnen-Dialog)

Abbildung 4.3: Öffnen eines Projektes



4.2.3 Projekt-Import

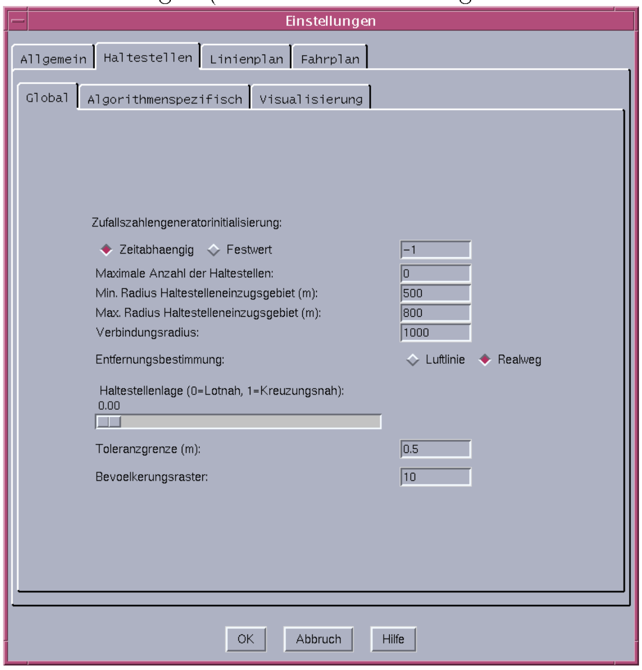
Diese Funktion ist für den Mehrbenutzerbetrieb konzepiert. Da im Mehrbenutzerbetrieb für jeden Benutzer eine eigene Projektumgebung angelegt wird, ist es dem Benutzer A nicht möglich auf Projekte des Benutzers B zuzugreifen. Um dennoch einen Datenaustausch zwischen den Benutzern zu ermöglichen wird neben den bestehenden privaten Projektumgebungen, eine öffentliche Projektumgebung zur Verfügung gestellt. Abbildung 4.4 zeigt das Import-Fenster. Nach dem Markieren eines Projektes und Betätigen des "In eigenen Bereich kopieren"-Buttons erfolgt die Abfrage der Projektbeschreibung. Anschließend wird das Projekt unter dieser Beschreibung in die eigene Projektumgebung kopiert. Um ein Projekt der eigenen Projektumgebung in die öffentliche Projektumgebung zu kopieren ist unter Programm/Projekt öffnen die Transfer Funktion auszuführen. (Siehe 4.2.2)

Abbildung 4.4: Import eines öffentlichen Projektes

4.2.4 Einstellungen

Hier werden die Startparameter der einzelnen Module festgelegt. Die hier festgelegten Einstellungen beziehen sich ausschließlich auf das momentan aktive Projekt. (Die ID des momentan aktiven Projektes wird stets in der Titelleiste des Programms angezeigt.) Auf diese Weise können jedem Projekt individuelle Einstellungen zugewiesen werden. Die Eingabe der Parameter ist nach den einzelnen Modulen gegliedert. Der Zugriff erfolgt über virtuelle Karteikarten. Abbildung 4.5 zeigt die Karteikarte der globalen Parameter des Haltestellenmoduls.

Abbildung 4.5: Einstellungen (hier Globaleinstellungen des Haltestellenmoduls)



Allgemein

Hier werden die im Projekt zu verwendenden Nachfragedaten festgelegt.

- Quelle-Ziel-Matrix: Deteiname der Quelle-Ziel-Matrix (Dateiformat: Siehe D.4)
- Pendler-Matrix: Dateiname der Pendler-Matrix (Dateiformat: Siehe D.2)
- Bevölkerungsdichte: Dateiname der Bevölkerungsdichte (Dateiformat: Siehe D.3)
- Bezirke: Dateiname der Bezirksdatei (Dateiformat: Siehe D.1)

Haltestellen

Global beschreibt Parameter, welche für das Haltestellen-Modul allgemeiner Natur sind.

- Zufallszahlengeneratorinitialisierung (Zeitabhängig, Festwert): Es kann bestimmt werden, ob ein (zumindest scheinbar) zufällige Zahlenfolge erzeugt werden soll oder ob mit einem festen Wert, und damit bei gleicher sonstiger Parametereinstellung, gleiche Ergebnisse erzielt werden sollen.
- Maximale Anzahl Haltestellen: Bestimmt die Obergrenze der zu berechnenden Haltestellen. Wird 0 als Wert angegeben, so wird eine Obergrenze im Programm ermittelt.
- Minimaler Radius Haltestelleneinzugsgebiet (m): Bestimmt die minimale Entfernung, welche je zwei Haltestellen zueinander haben müssen.
- Maximaler Radius Haltestelleneinzugsgebiet (m): Bestimmt die Entfernung, welche einem Fahrgast maximal als Fußweg zugemutet werden sollte.
- Verbindungsradius (m): Bestimmt, in welchem Umkreis einer Haltestelle Verbindungen zu den umliegenden Haltestelle existieren sollen, um eine Linie zwischen diesen Haltestellen zu erzeugen.
- Entfernungsbestimmung (Luftlinie/Realweg): Hier kann festgelegt werden, ob ab einer Entfernung größer als der Verbindungsradius nur noch Luftlinien ermittelt werden sollen, was die Berechnung des Wegenetzgraphen beschleunigt, aber Fehler in selbigem hervorrufen kann.
- Haltestellenlage (Lotnah - Kreuzungsnah): Bestimmt die Position der Haltestellen in Bezug zu den Kreuzungen.
- Toleranzgrenze (m): Bestimmt, in welchem Umkreis Punkte als gleichwertig anzusehen sind. Dient nur dem Entgegenwirken von Rechenungenauigkeiten und sollte durch den Benutzer im allgemeinen nicht verändert werden.
- Bevölkerungsraster: Hier wird bestimmt, mit welcher Genauigkeit die Bewertung der Haltestellen vorgenommen werden soll. Ein sinnvoller Wert schwankt zwischen $\frac{30}{km}$ (schnelle Berechnung) und $\frac{1000}{km}$.

Algorithmenspezifisch sind Parameter, welche die Auswahl von Algorithmen und spezielle Einstellungen selbiger betreffen.

- Algorithmus (Stochastisch, Stochastisch mit Pruefen der Umgebung, Evolutionäre Strategie, Nur Pflichthaltestellen): Hier wird festgelegt, welcher Algorithmus im Haltestellen-Modul verwendet wird.

Nur bei der Wahl von Evolutionäre Strategie (ES) stehen die folgenden Parameter zur Verfügung:

- Strategie (Plus,Komma): Hier wird festgelegt, welche grundlegende Strategie die ES verfolgt.
- Anzahl Eltern: Bestimmt die Anzahl der Eltern in jeder Generation. Sinnvolle Werte liegen zwischen 1 und 20.
- Anzahl Kinder: Bestimmt die Anzahl der Kinder, welche aus den Eltern erstellt werden sollen. Sinnvolle Werte liegen zwischen 1 und 100, wobei es immer mehr Kinder als Eltern geben muss.
- Generationen: Bestimmt die Anzahl der Generationen, nach denen die Strategie endet. Sinnvoll sind Werte größer als 100.
- Abbruch durch Güteunterschreitung (Ja/Nein): Hier kann festgelegt werden, ob die Strategie auch enden darf, wenn ein bestimmter Wert unterschritten wurde.
- Grenzwert der Güteunterschreitung: Legt den Wert fest, bei welchem die Unterschreitung zum Abbruch der Strategie führt.
- Bevölkerungsüberversorgung: Bestimmt, wie stark die Bevölkerungsüberversorgung einen Einfluss auf die berechneten Haltestellen haben soll.
- Bevölkerungsunterversorgung: Bestimmt, wie stark die Bevölkerungsunterversorgung einen Einfluss auf die berechneten Haltestellen haben soll.
- Flächenüberversorgung: Bestimmt, wie stark die Flächenüberversorgung einen Einfluss auf die berechneten Haltestellen haben soll.
- Flächenunterversorgung: Bestimmt, wie stark die Flächenunterversorgung einen Einfluss auf die berechneten Haltestellen haben soll.
- Fahrtwunscheinbeziehung: Legt fest, wie strak die real existierenden Fahrtwünsche einen Einfluss auf die berechneten Haltestellen haben sollen.

Visualisierung bezieht sich auf Parameter, welche die Anzeige diverser Informationen betreffen.

- Anzeigen komplett unterdrücken (Ja/Nein): Hier wird festgelegt, ob alle Fenster während des Laufes des Haltestellen-Moduls versteckt werden sollen. Überschreibt die nun folgenden Einstellungen.

- Straßenkarte anzeigen (Ja/Nein): Legt fest, ob das Straßennetz, auf dem gerechnet wird, in klein angezeigt werden soll.

- Bevölkerungsversorgung anzeigen (Ja/Nein): Bestimmt, ob die Versorgung der Bevölkerung in einem Fenster angezeigt werden soll.

- Flächenversorgung anzeigen (Ja/Nein): Bestimmt, ob die Versorgung der Fläche in einem Fenster angezeigt werden soll.

Linienplan

- Graph während der Berechnung anzeigen (Ja/Nein): Hier kann festgelegt werden, ob während der Berechnung des Linienplans eine grafische Ausgabe des sich aufbauenden Graphen angezeigt werden soll.

- Basislinienwahl (Ja/Nein): Es wird festgelegt, ob der Basislinienwahl Algorithmus verwendet werden soll.

- Algorithmus (Algo 1/Algo2): Bei gewähltem Algorithmus "Basislinienwahl" stehen zwei Varianten zur Verfügung, zwischen denen hier ausgewählt werden kann.

- Eindeutige Linienverknüpfung, Mehrdeutige Linienverknüpfung, Aufbruchsverknüpfung, Linienendverknüpfung: Diese Funktionen werden mittels des Ja/Nein Schalters ein- bzw. ausgeschaltet.

- Geschwindigkeit: Gibt die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit eines Busses an.

- Maximale Gesamtlinienlänge: Maximalwert der Länge des Gesamtliniennetzes. (Angabe in Metern)

- Maximale Linienlänge: Maximalwert den eine einzelne Linie erreichen darf. (Angabe in Metern)

Fahrplan

- Mindest Takt (min): Gibt den Minimalen Takt an, auf dem die Fahrplanberechnung erfolgen soll an. (Angabe in Minuten)

- Mindesthaltezeit: Gibt den Standartwert der Mindesthaltezeit an. Legt der Benutzer für eine Haltestelle keine Mindesthaltezeit fest, so wird dieser Wert angenommen. (Angabe in Minuten)

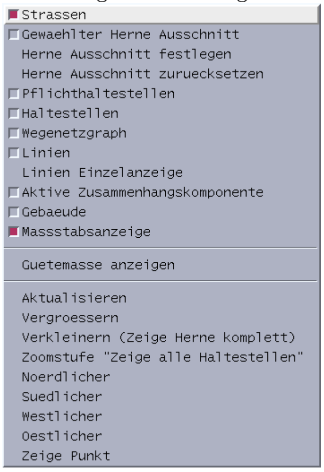
- Mindestumsteigezeit: Gibt den Standartwert der Mindestumsteigezeit an. Legt der Benutzer für einen Umsteigepunkt keine Umsteigezeit fest, so wird dieser Wert angenommen. (Angabe in Minuten)

4.3 Anzeige

4.3.1 Anzeige Optionen

Das grafische Anzeigefenster bietet die Möglichkeit, verschiedene Daten ein- und auszublenden. Angefangen bei den Eingangsdaten, wie dem Straßennetz auf dem die Planung durchgeführt werden wird (Anzeigefarbe: weiß), ggf. angegebenen Pflichthaltestellen (Grüne Kreuzchen), über Zusatzinformationen wie umliegende Gebäude (Rot) und einer Maßstabsanzeige. Desweiteren können die vom Programm berechneten Daten wie der Wegenetzgraph (Blau), sowie die berechneten Haltestellen (Grüne Kreuzchen) und Linien (Orange) angezeigt werden. Die anzuzeigenden Daten werden durch das Markieren der entsprechenden Felder bestimmt. Anschließend ist die Funktion "Aktualisieren" aufzurufen. Weitere zur Verfügung stehende Funktionen sind die Ausschnittsvergrößerung, sowie das "Weiterblättern" der Karte. Abbildung 4.6 zeigt das Anzeige Menü.

Abbildung 4.6: Anzeige Menü



4.3.2 Herne Ausschnitt festlegen

Mit dieser Funktion wird ermöglicht, die geografischen Eingabedaten auf welchen die Berechnungen durchgeführt werden, auf einen Ausschnitt zu reduzieren. Nach Anwahl der Funktion öffnet sich ein Rechteck, dessen Größe durch Bewegen der Maus angepasst werden kann. Mit dem rechten Mausknopf wird die die linke obere Ecke des Rechtecks neu gesetzt, die rechte Maustaste beendet die Eingabe. Anschließend ist der gewählte Ausschnitt durch Klick auf das YES Feld zu bestätigen. Das Straßennetz des gewählten Ausschnittes wird anschließend, bei eingeschalteter Anzeige von "Gewählter Herne Ausschnitt", gelb dargestellt.

4.3.3 Herne Ausschnitt zurücksetzen

Hier wird der in 4.3.2 gesetzte Ausschnitt wieder zurückgesetzt und die Berechnung erfolgt auf den kompletten Daten.

4.3.4 Linien Einzelanzeige

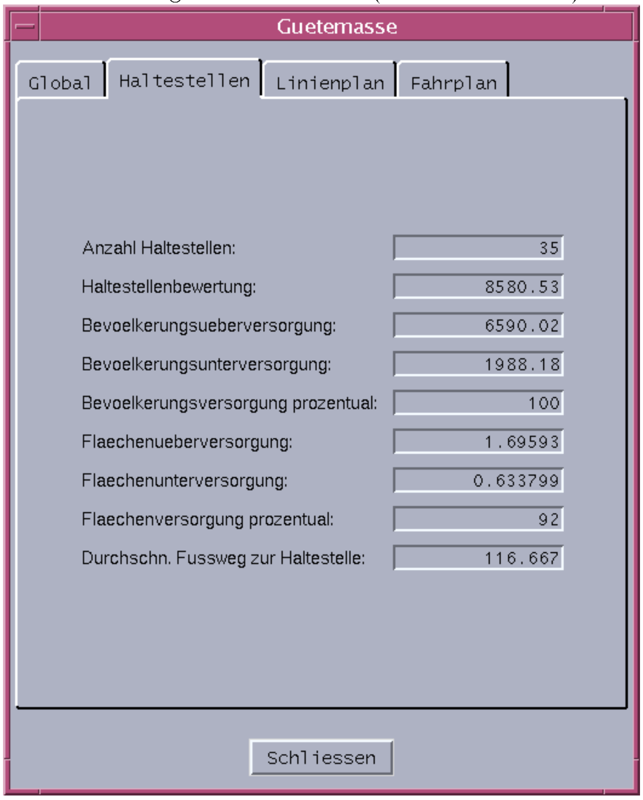
Während die Markierung des des Anzeigefeldes "Linien" den kompletten Linienplan anzeigen wird, ermöglicht die Funktion "Linien Einzelanzeige", die Visualisierung einzelner, oder ausgewählter Linien. Abbildung 4.7 zeigt das zu dieser Funktion gehörende Fenster. Hier wird angegeben, wieviele Linien es insgesamt gibt und welches die momentan ausgewählte Linie ist. Zunächst wird die Linie 1 als aktive Linie gesetzt und im GRASS Anzeigefenster rot dargestellt. Durch Betätigen der Pfeilknöpfe können die Linien nacheinander der Anzeige hinzugefügt werden. Eine direkte Eingabe der Liniennummer ist ebenfalls möglich. Die entsprechende Liniennummer wird im Feld "Aktive Linie" über die Tastatur eingegeben und mit der Eingabetaste bestätigt. Die Auswahl des "Aktualisieren" Knopfes bewirkt, dass nur die im Feld "Aktive Linie" angegebene Linie angezeigt wird, ansonsten werden die eingegebenen Linien der Anzeige hinzugefügt. Mit "Schließen" wird die "Linien Einzelanzeige" Funktion beendet.

Abbildung 4.7: Linien Einzelanzeige

4.3.5 Gütemaße anzeigen

Neben der Berechnung der Haltestellen, eines Linienplans und des Fahrplans, werden zur Bewertung der Ergebnisse verschiedene Gütemaße berechnet. Mittels virtueller Karteikarten können die Gütemaße der einzelnen Module abgerufen werden. Bei Aufruf dieser Funktion können sich leere Felder ergeben, dies ist dann der Fall, wenn noch nicht alle Komponenten berechnet wurden. Ein Beispiel: Die Fahrplangütemaße und die globalen Gütemaße werden erst nach der Berechnung des Fahrplans berechnet und können auch erst dann angezeigt werden. Abbildung 4.8 zeigt das Gütemaße Fenster. (Hier bei ausgewählter Haltestellenkarteikarte)

Abbildung 4.8: Gütemaße (hier Haltestellen)



Gütemaße Haltestellen

- Anzahl Haltestellen: Entspricht der Anzahl der berechneten Haltestellen plus der Anzahl der übernommenen Pflichthaltestellen.
- Haltestellenbewertung: Stellt eine Gesamtbewertung dar und berechnet sich aus der Summe der Einzelbewertungen.
- Bevölkerungsüberversorgung: Entspricht der Summe der mehrfach versorgten Bevölkerung.
- Bevölkerungsunterversorgung: Entspricht der Summe der nicht versorgten Bevölkerung.
- Bevölkerungsversorgung prozentual: Entspricht dem Anteil der versorgten Bevölkerung in Prozent.
- Flächenüberversorgung: Entspricht der Summe der mehrfach versorgten Fläche.
- Flächenunterversorgung: Entspricht der Summe der nicht versorgten Fläche.
- Flächenversorgung prozentual: Entspricht dem Anteil der versorgten Fläche in Prozent.
- Durchschn. Fußweg zur Haltestelle: Entspricht dem durchschnittlichen Fußweg in Metern, der zurückzulegen ist, um eine Haltestelle zu erreichen.

Gütemaße Linienplan

- Anzahl der Umstiege: Entspricht der Anzahl der Umstiege aller Verbindungen.
- Durchschn. Anzahl der Umstiege: Entspricht der durchschnittlichen Anzahl der Umstiege pro Verbindung.

- Direktfahreranteil: Entspricht dem Prozentsatz der Direktfahrer. Der Direktfahreranteil ist das zentrale Gütemaß des Linienplans, da seine Maximierung das Ziel des Algorithmus von Sonntag ist.
- Fahrten mit Umstieg in Prozent: Gibt den Prozentsatz der Fahrten an, bei dem mindestens ein Umstieg erfolgen muss.
- Streckenkilometer: Entspricht der Anzahl der zurückgelegten Kilometer, wenn jede Linie einmal fährt.
- Gesamtstreckenkilometer: Entspricht der Anzahl Kilometer des Wegenetzgraphen.
- Mittlere Mindestreisezeit: Entspricht dem Durchschnittswert der Mindestreisezeiten, wobei die Mindestreisezeit die Reisezeit auf dem kürzesten Weg von einer Haltestelle i zur Haltestelle j darstellt.
- Reisezeitverlängerung: Entspricht dem Verhältnis von Mindestreisezeit zu der Reisezeit auf den Linien. Da die Linien die Ströme bündeln, fahren die Gäste nicht mehr auf den kürzesten Wegen. Hier wird errechnet, wie groß der Umweg geworden ist.
- Linienanzahl: Entspricht der Summe der evtl. gesetzten Pflichtlinien und der berechneten Linien.
- Mittlerer Verknüpfungsgrad: Gibt an, mit wievielen anderen Linien sich eine Linie durchschnittlich kreuzt.

Gütemaße des Fahrplans

Die Gütemaße des Fahrplan teilen sich in zeitliche und betriebliche Gütemaße auf. Zu den zeitlichen Gütemaßen gehören die *netzbedingte Wartezeit*, der *Wartezeitaufwand*, der *Mindestzeitaufwand* und der *gesamte Wartezeitaufwand*. Zu den betrieblichen Gütemaßen zählen die benötigte *Anzahl fahrender Busse* und der *Fahrplanwirkungsgrad*. Im folgenden wird auf die einzelnen Gütemaße näher eingegangen.

- Anzahl Busse: Entspricht der Anzahl der benötigten Busse, um diesen Fahrplan fahren zu können.
- Netzbedingte Wartezeiten: Entspricht der Summe aller netzbedingten Wartezeiten im gesamten Netz und sagt somit etwas über die zusätzliche Wartezeit der Fahrgäste aus.
- Mindestwartezeitaufwand: Entspricht der Zeit, welche die Fahrgäste für Umstiege benötigen und aus der Haltezeit der Busse an den einzelnen Haltestellen, gewichtet mit dem Verkehrsstrom.
- Wartezeiten Aufwand: Ergibt sich aus dem Produkt der *netzbedingten Wartezeit* und der *Anzahl der Fahrgäste* für alle Bindungen im Netz. Damit ist dieser Wert besser geeignet für eine Beurteilung der *netzbedingten Wartezeit.*
- Gesamtzeitaufwand: Berechnet sich aus der Summe des *Wartezeitaufwandes* und des *Mindestwartezeitaufwandes.*
- Fahrplanwirkungsgrad: Entspricht dem Verhältnis von der Dauer der Fahrgastfahrten zu der Dauer der Leerfahrten und Fahrgastfahrten. Eine Fahrgastfahrt gibt die Fahrt eines Busses einer Linie von seiner Anfangshaltestelle bis zur Endhaltestelle an. Die Zeit einer Fahrgastfahrt stellt die gesamte Fahrtdauer, einschließlich Wartezeiten, dieser Haltestellenverbindungen dar. Die Fahrtdauer eines Busses von seiner Endhaltestelle zu dem Anfangspunkt seiner neuen Fahrgastfahrt, symbolisiert den Zeitraum einer Leerfahrt, d.h. eine Leerfahrt ist eine Busfahrt ohne Fahrgastbeförderung. Beachtet werden muss hierbei, dass auch die Standzeit des Busses bis zu dem Beginn der neuen Fahrgastfahrt in die Dauer der Leerfahrt eingerechnet wird.

Globale Gütemaße

Die globalen Gütemaße berechnen sich aus den Gütemaßen der Module Haltestelle, Linienplan und Fahrplan.

- Durchschnittliche Anzahl Busse: Entspricht der durchschnittlichen Anzahl der Busse, die für das fahrplanmäßige Befahren einer Linie benötigt werden.
- Mittlere Reisezeit: Setzt sich aus der durchschnittlichen Zeit für den Fußweg zu den Haltstellen und der durchschnittlichen Wartezeit, sowie der durchschnittlichen Mindestreisezeit zusammen.
- Durchschn. Anzahl Personen pro Bus: Entspricht der durchschnittlichen Anzahl der pro Bus beförderten Fahrgäste.

- Verhältnis der durchschn. Reisezeit zur Direktfahrt: Entspricht dem Verhältnis zwischen der durchschnittlichen Reisezeit auf dem Liniennetz und der durchschnittlichen Reisezeit bei der Direktfahrt mit dem Auto.
- Verhältnis der Mindestreisezeit zur Direktfahrt: Entspricht dem Verhältnis zwischen der mittleren Mindestreisezeit auf dem Liniennetz und der durchschnittlichen Mindestreisezeit bei Direktfahrt mit dem Auto.

Als ein weiteres Gütemaß kann das Ergebnis der Routenplanung angesehen werden (Menü: Funktionen/Routenplanung, siehe 4.4.17). Hier kann die Berechnung einer Route zwischen zwei Haltestellen durchgeführt werden.

4.3.6 Aktualisieren

Diese Funktion aktualisiert das GRASS-Anzeigefenster. Dies ist z.B. nach Änderung der Anzeigeoptionen (siehe 4.3.1) notwendig.

4.3.7 Vergrößern

Diese Funktion ermöglicht das Vergrößern eines Ausschnitts. Nach Anwahl der Funktion öffnet sich ein Rechteck, dessen Größe durch Bewegen der Maus angepasst werden kann. Mit dem rechten Mausknopf wird die die linke obere Ecke des Rechtecks neu gesetzt, die rechte Maustaste beendet die Eingabe. Anschließend ist der gewählte Ausschnitt durch Klick auf das YES Feld zu bestätigen. Im GRASS Fenster wird der gewählte Ausschnitt angezeigt, die ggf. eingeblendete Maßstabsanzeige wird entsprechend angepasst.

4.3.8 Verkleinern (zeige Herne komplett)

Der unter 4.3.7 festgelegte Ausschnitt wird zurück gesetzt und es wird wieder auf die Komplettansicht von Herne geschaltet.

4.3.9 Zoomstufe "Zeige alle Haltestellen"

Die Zoomstufe des Straßenausschnittes wird so gewählt, dass gerade alle Haltestellen im GRASS Fenster angezeigt werden. So kann sich man sich schnell einen Überblick über die berechneten Daten verschaffen.

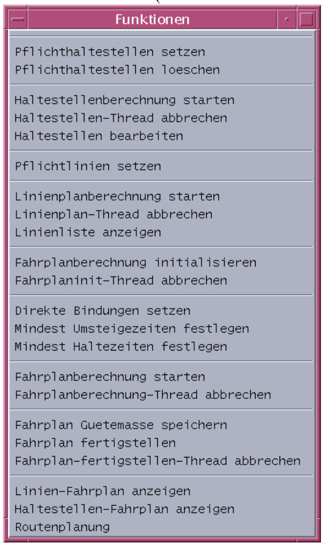
4.3.10 Nördlicher/Südlicher/Östlicher/Westlicher

Mit diesen Funktionen kann der aktuell angezeigte Kartenausschnitt nach Norden, Süden, Osten bzw. Westen verschoben werden.

4.4 Funktionen

Der Ablauf des Programms ist durch die sequentielle Arbeit der Module und deren Abhängigkeiten von den vorherigen Ergebnissen festgelegt. Das Funktionsmenü spiegelt diesen Aufbau wieder, indem es nur die Funktionen zur Verfügung stellt, die zu dem Zeitpunkt auch ausgeführt werden dürfen. Beispiel: Es kann kein Linienplan berechnet werden, wenn noch keine Haltestellen existieren. Um die Konsistenz zu erhalten, müssen bei einer Änderung der Voraussetzungen eines Moduls, z.B. durch den Neustart der Haltestellenberechnung, die Folgemodule ebenfalls erneut aufgerufen werden. Auch dies wird durch das Funktionsmenü sichergestellt. Um zu verdeutlichen welche Funktionsaufrufe Auswirkungen auf andere Module haben, existieren im Funktionsmenü Trennstriche. Der Aufruf einer Funktion oberhalb eines Trennstriches führt zur Verwerfung der berechneten Daten die unterhalb des Trennstriches berechnet werden. Beispiel: Wurde bereits ein Linienplan berechnet, wird bei erneutem Start der Haltestellenberechnung der Linienplan verworfen. Während der Ausführung eines Moduls, werden mit Ausnahme der Abbruchfunktionen, sämtliche Schritte innerhalb eines Menüs deaktiviert. So wird der unerlaubte gleichzeitige Start mehrerer Module vermieden. Um den sequenziellen Arbeitsfluss besser überblicken zu können, lässt sich das Funktionsmenü von der Menüleiste abtrennen und an beliebiger Stelle auf dem Desktop platzieren. Zur Abtrennung des Menüs ist die Abrisskante zu betätigen. Abbildung 4.9 zeigt das Funktionsmenü, zur Übersicht stehen in dieser Abbildung alle Funktionen zur Verfügung.

Abbildung 4.9: Funktionsmenü (hier alle Funktionen aktivierbar)



4.4.1 Pflichthaltestellen setzen

Diese Funktion ermöglicht die Eingabe von Pflichthaltestellen. Pflichthaltestellen, sind Haltestellen, die bei der Berechnung der Haltestellen auf jeden Fall übernommen werden. Sie können entweder durch die direkte Angabe der Koordinaten oder durch einen Klick mit der Maus in die Karte gesetzt werden. Da die Anpassung an das Straßennetz von der Haltestellenberechnungs-Funktion übernommen wird, müssen die Pflichthaltestellen nicht direkt auf den Straßen liegen. Als Zusatzoption können auch die Herner Haltestellen als Pflichthaltestellen gesetzt werden. Abbildung 4.10 zeigt das Eingabefenster für die Pflichthaltestellen.

Abbildung 4.10: Pflichthaltestellen setzen

4.4.2 Pflichthaltestellen löschen

Das Löschen erfolgt analog zum Setzen durch eine direkte Angabe der Koordinaten oder durch den entsprechenden Mausklick. Zusätzlich lassen sich auch alle Haltestellen über die entsprechende Schaltfläche entfernen.

4.4.3 Haltestellenberechnung starten

Durch den Aufruf dieser Funktion wird die Haltestellenberechnung mit den in den Einstellungen angegebenen Startparametern (siehe 4.2.4) gestartet. Da während der Haltestellenberechnung keine weiteren Funktionen ausgeführt werden dürfen, werden in der Funktionsleiste sämtliche Funktionen, bis auf die Abbruch Funktion, deaktiviert. Die einzige zur Verfügung stehende Funktion ist somit die "Haltestellen-Thread abbrechen" Funktion. Diese bewirkt den Abbruch der Haltestellenberechnung.

4.4.4 Haltestellen bearbeiten

Nach erfolgter Haltestellenberechnung besteht die Möglichkeit, einige der berechneten Haltestellen zu entfernen oder Ihre Position zu verändern. Abbildung 4.11 zeigt das "Haltestellen bearbeiten" Fenster. Zunächst muss die ID der zu bearbeitenden Haltestelle eingegeben werden. Dies erfolgt entweder durch die direkte Eingabe der ID über die Tastatur oder durch Betätigen des "Mit Maus ermitteln"-Schalters. Nachdem der "Mit Maus ermitteln"-Schalter betätigt wurde, kann durch einen Mausklick in der Karte die entsprechende Haltestelle ausgewählt werden. "Änderungen übernehmen" bewirkt, dass die modifizieren Haltestellen als Pflichthaltestellen mit dem Startparameter "Nur Pflichthaltestellen" an die Haltestellenberechnung übergeben werden. Da durch die Änderung der Haltestellenposition der Wegenetzgraph neu berechnet werden muss, ist die Haltestellenberechnungsfunktion erneut aufzurufen. Der zuvor gesetzte Startparameter "Nur Pflichthaltestellen" bewirkt, dass keine neuen Haltestellen hinzugefügt werden, sondern lediglich der Wegenetzgraph für diese Haltestellen berechnet wird.

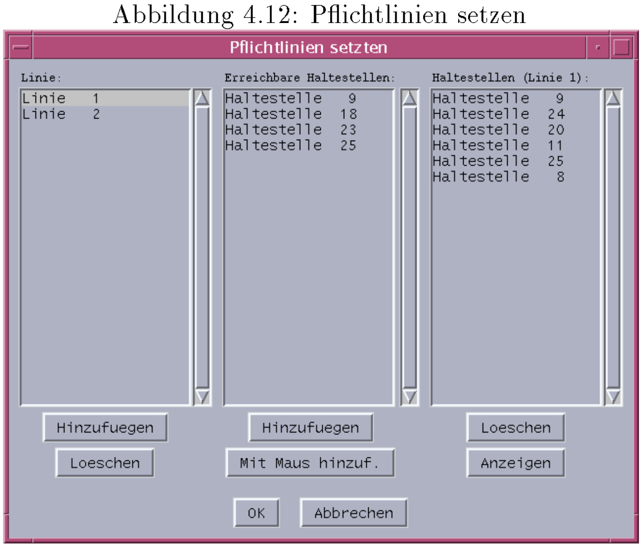
Abbildung 4.11: Haltestellen bearbeiten

4.4.5 Pflichtlinien setzen

Bevor die Linienplanberechnung gestartet wird, können mittels dieser Funktion die Pflichtlinien gesetzt werden. Pflichtlinien sind manuell gesetzte Linien, die nach der Linienplanberechnung unverändert in das Liniennetz übernommen werden. Abbildung 4.12 zeigt das "Pflichtlinien setzen" Fenster. Die momentan gesetzten Pflichtlinien werden hier angezeigt. Spalte 1 zeigt die verfügbaren Pflichtlinien, Spalte 3 die auf der Linie liegenden Haltestellen und Spalte 2 die erreichbaren Haltestellen. Die in Spalte 1 ausgewählte Linie wird verlängert, indem in Spalte 2 eine Haltestelle markiert und der "Hinzufügen"-Schalter betätigt wird. Die auf diese Weise gewählte Haltestelle wird der Haltestellenliste (Spalte 3) hinzugefügt und die Liste der jetzt erreichbaren Haltestellen wird neu aufgebaut. Desweiteren ist eine visuelle Linienplanung unter Zuhilfenahme der Karte möglich. Dazu ist der "Mit Maus hinzuf."-Schalter zu betätigen. Die erreichbaren Haltestellen werden auf der Karte markiert und es kann eine Haltestelle durch Mausklick hinzugefügt werden.

Der "Löschen"-Schalter, welcher sich unter der Linienliste (Spalte 1) befindet, bewirkt das Löschen der momentan markierten Pflichtlinie, wobei der "Löschen"-Schalter, welcher sich unter der Haltestellenliste (Spalte 3) befindet, das Kürzen der Pflichtlinie um die zuletzt hinzugefügte Haltestelle bewirkt. "Anzeigen" bewirkt die Anzeige der momentan markierten Pflichtlinie im GRASS-Fenster.

Abbildung 4.12: Pflichtlinien setzen



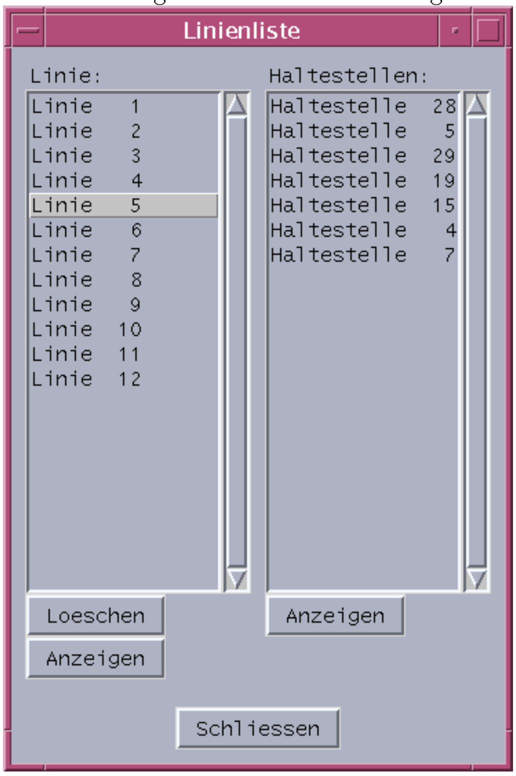
4.4.6 Linienplanberechnung starten

Durch den Aufruf dieser Funktion wird die Linienplanberechnung mit den in den Einstellungen angegebenen Startparametern (siehe 4.2.4) gestartet. Da während der Linienplanberechnung keine weiteren Funktionen ausgeführt werden dürfen, werden in der Funktionsleiste sämtliche Funktionen, bis auf die Abbruch Funktion, deaktiviert. Die einzige zur Verfügung stehende Funktion ist somit die "Linienplan-Thread abbrechen" Funktion. Diese bewirkt den Abbruch der Linienplanberechnung.

4.4.7 Linienliste anzeigen

Diese Funktion ermöglicht eine tabellarische Anzeige der berechneten Linien. Desweiteren wird die Möglichkeit der Anzeige einer Linie oder einer Haltestelle auf der Karte gegeben. Eine Funktion zum Löschen einer berechneten Linie steht ebenfalls zur Verfügung. Um für die Fahrplanberechnung einen lückenlosen Linienplan zur Verfügung zu stellen, erfolgt beim Löschen einer Linie ggf. eine Neunummerierung. Beispiel: Wird Linie Nr. 3 von insgesamt 5 bestehenden Linien gelöscht, so rücken die Nachfolgenden Linien auf. D.h. Linie 4 wird in Linie 3 umbenannt und Linie 5 in Linie 4. Abbildung 4.13zeigt das "Linienliste anzeigen" Fenster.

Abbildung 4.13: Linienliste anzeigen



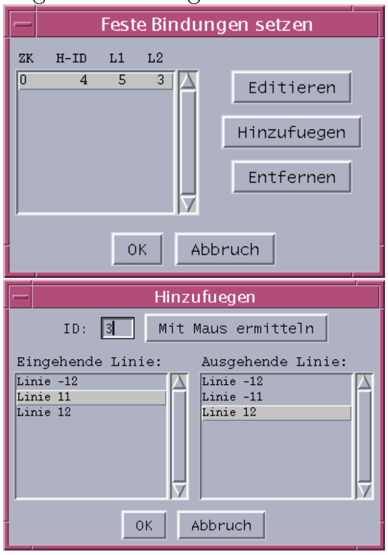
4.4.8 Fahrplanberechnung initialisieren

Die Fahrplanberechnung gliedert sich in mehrere Schritte. Zunächst wird die Initialisierung aufgerufen. Hier werden vorbereitende Berechnungen vorgenommen, die als Basis der Nachfolgenden dienen. Da während der Fahrplaninitialisierung keine weiteren Funktionen ausgeführt werden dürfen, werden in der Funktionsleiste sämtliche Funktionen, bis auf die Abbruch Funktion, deaktiviert. Die einzige zur Verfügung stehende Funktion ist somit die "Fahrplaninit-Thread abbrechen" Funktion. Diese bewirkt den Abbruch der Fahrplaninitialisierung.

4.4.9 Direkte Bindungen setzen

Mit dem Setzen einer direkten Bindung wird festgelegt, welche Linien fahrplantechnisch miteinander verknüpft werden sollen. Eine fahrplantechnische Verknüpfung bedeutet hier, dass die beiden Linien an einer angegebenen Haltestelle aufeinander warten sollen. Der Fahrgast soll also direkt von einer Linie in die andere Linie umsteigen können. Das Hinzufügen einer direkten Bindung erfolgt zunächst über die Abfrage einer Haltestellen-ID. Anschließend werden alle dort eingehenden und ausgehenden Linien ermittelt. Es ist eine eingehende und eine ausgehende Linie anzugeben, zwischen der die feste Bindung gesetzt werden soll. Abbildung 4.14 zeigt ein Beispiel für das Setzen der direkten Bindungen. In dem gegebenen Beispiel besteht eine direkte Bindung in Zusammenghangskomponente 0, an der Haltestelle Nr. 4, zwischen Linie 5 und Linie 3. Hinzugefügt wird im gegebenen Beispiel eine Feste Bindung an der Haltestelle Nr.3, zwischen der Linie 11 und Linie 12.

Abbildung 4.14: Festlegen direkter Bindungen



4.4.10 Mindestumsteigezeiten festlegen

Die Mindestumsteigezeit gibt an, wie lange ein Fahrgast benötigt um an einer Haltestelle x von der Linie A in die Linie B umzusteigen. Diese Werte werden bei der anschließenden Fahrplanberechnung berücksichtigt. Die Eingabe erfolgt analog zu 4.4.9. Für die Haltestellen/Linien für die hier keine Werte eingeben werden, wird der in den Einstellungen (Programm/Einstellungen/Fahrplan, siehe 4.2.4) eingegebene Standardwert angenommen.

4.4.11 Mindesthaltezeiten festlegen

Für jede Haltestelle kann individuell festgelegt werden, wie lange sich der Bus an dieser Haltestelle aufhalten soll, bevor er seine Weiterfahrt fortsetzt. Wird für eine Haltestelle kein Wert angegeben, so wird der in den in den Einstellungen (Programm/Einstellungen/Fahrplan, siehe 4.2.4) eingegebene Standardwert angenommen.

4.4.12 Fahrplanberechnung starten

Mit dieser Funktion wird der zweite Teil der Fahrplanberechnung gestartet. Zunächst wird über die Schaltfläche "Zusammenhangskomponente" die Zusammenhangskomponente ausgewählt, für die die Berechnung durchgeführt werden soll. Zur Fahrplanberechnung stehen 3 Algorithmen zur Verfügung. Heuristisch, Entscheidungsbaumverfahren und Sukzessive Lösungsverbesserung, wobei die Lösungsverbesserung nur aufgerufen werden kann, wenn bereits mittels eines der ersten beiden Algorithmen, ein Fahrplan berechnet wurde. Abbildung 4.15 zeigt das Startfenster zur Fahrplanberechnung. Da während der Fahrplanberechnung keine weiteren Funktionen ausgeführt werden dürfen, werden in der Funktionsleiste sämtliche Funktionen, bis auf die Abbruch Funktion, deaktiviert. Die einzige zur Verfügung stehende Funktion ist somit die "Fahrplanberechnung-Thread abbrechen" Funktion. Diese bewirkt den Abbruch der Fahrplanberechnung.

Abbildung 4.15: Fahrplanberechnung starten

4.4.13 Fahrplan Gütemaße speichern

Um auf die vom Fahrplan generierten Gütemaße und auf die Routenplanung zugreifen zu können, muss diese Funktion aufgerufen werden. Da das Berechnen und Abspeichern dieser Werte, je nach Umfang des berechneten

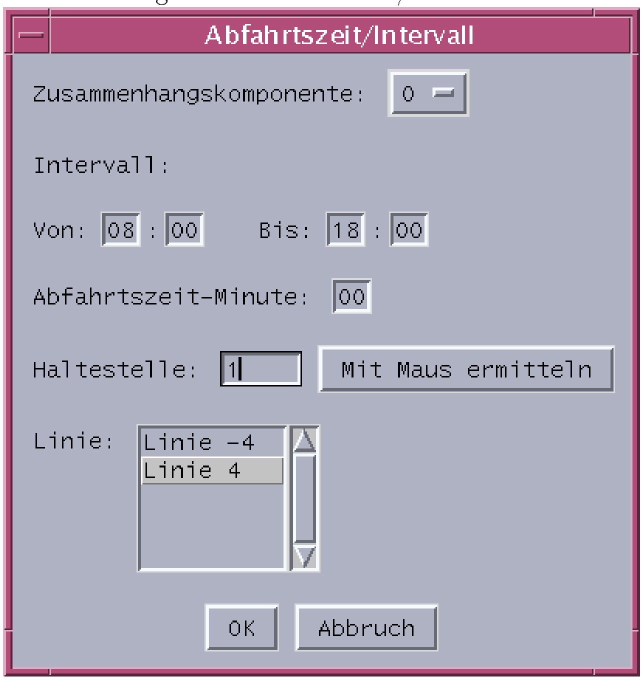
Fahrplans, einige Zeit in Anspruch nehmen kann, werden diese Werte nicht unmittelbar nach Berechnung des Fahrplans ermittelt. Sie haben als Benutzer also die Wahl, ob diese Werte benötigt werden oder nicht.

4.4.14 Fahrplan fertigstellen

Diese Funktion startet den letzten Schritt der Fahrplanberechnung. Abbildung 4.16 zeigt das sich öffnende Fenster. Neben dem Festlegen einer Starthaltestelle und einer Startlinie, kann festgelegt werden, für welches Intervall der Fahrplan berechnet werden soll. Der gewählte Takt ergibt sich aus den Fahrplaneinstellungen (Programm/Einstellungen/Fahrplan, siehe 4.2.4). Die Abfahrtszeiten der restlichen Linien ergeben sich sukzessive.

Zur Vorgehensweise: Über die Schaltfläche “Zusammenhangskomponente” wird die zu berechnende Zusammenhangskomponente ausgewählt. Anschließend wird das Intervall angegeben, für den der Fahrplan berechnet werden soll. Desweiteren erfolgt die Eingabe einer Abfahrtszeit und einer Starthaltestelle. Nach Eingabe der Starthaltestelle, entweder per Eingabe über die Tastatur und Bestätigen mit der Eingabetaste oder aber durch Anwahl der Funktion “Mit Maus ermitteln”, wird eine Liste mit den an der angegebenen Haltestelle verkehrenden Linien gezeigt. Eine dieser Linien ist zu markieren und die endgültige Fahrplanberechnung kann mit “OK” gestartet werden. Beispiel: Ist ein Fahrplan von 8:00 bis 18:00 Uhr gewünscht, bei dem der Bus an der Linie 4 an der Haltestelle 1 um 8:00 Uhr abfährt, so sind die in der Abbildung eingetragenen Werte anzugeben.

Abbildung 4.16: Abfahrtszeit / Intervall setzen



4.4.15 Linienfahrplan anzeigen

Diese Funktion gibt den berechneten Fahrplan als Linienfahrplan aus. Unter Angabe einer Linie wird angezeigt, welche Haltestellen dieser Linie in welcher Reihenfolge befahren werden und wie die entsprechenden Abfahrtszeiten lauten. Abbildung 4.17 zeigt einen Linienfahrplan.

4.4.16 Haltestellenfahrplan anzeigen

Diese Funktion gibt den berechneten Fahrplan als Haltestellenfahrplan aus. Unter Angabe einer Haltestelle wird angezeigt, welche Linien dort abfahren und wie deren Abfahrtszeiten sind. Abbildung 4.18 zeigt einen Haltestellenfahrplan.

4.4.17 Routenplanung

Die Routenplanung ist neben den Gütemaßen (siehe 4.3.5) eine weitere Bewertungsfunktion. Unter Angabe zweier Haltestellen wird die schnellste Fahrtroute berechnet, angezeigt und bewertet. Die Eingabe der

Abbildung 4.17: Linienfahrplan

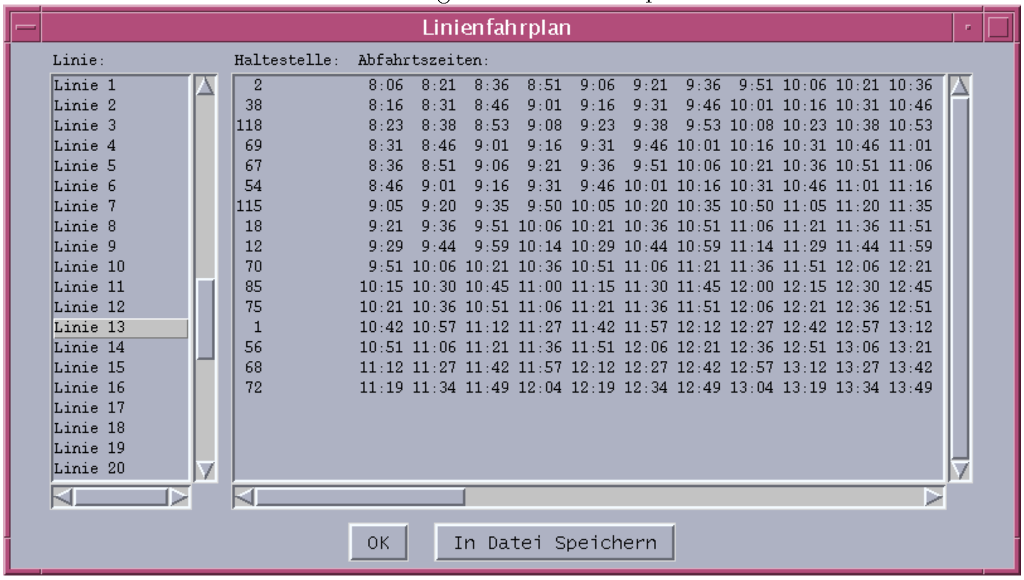
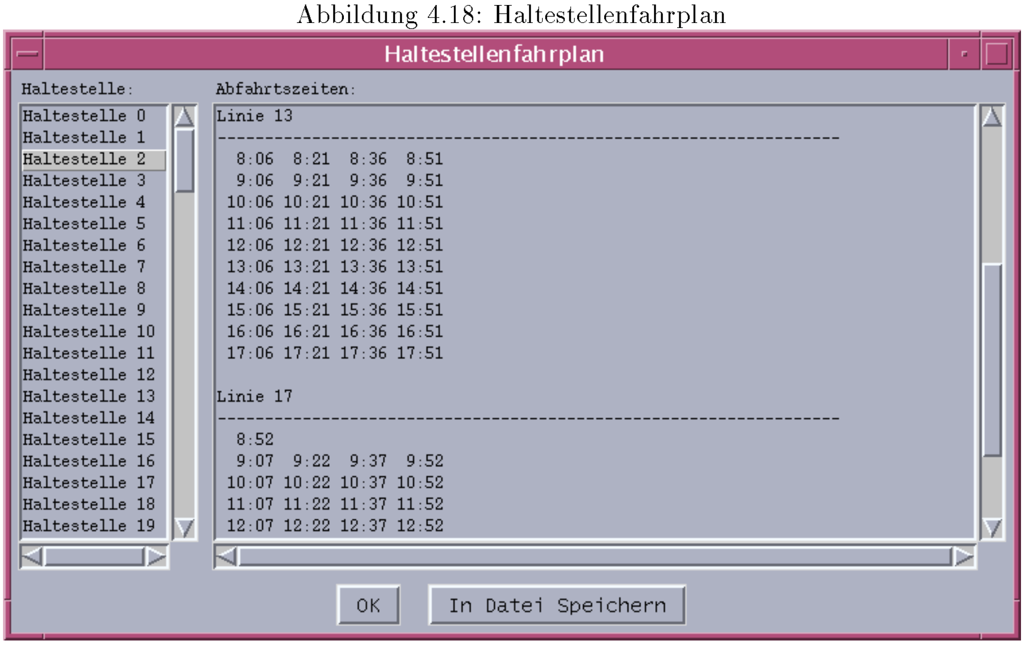


Abbildung 4.18: Haltestellenfahrplan



Haltestellen-IDs kann sowohl, durch die direkte Eingabe per Tastatur als auch durch das Anklicken mit der Maus erfolgen. Die Abbildungen 4.19 und 4.20 zeigen ein Beispiel einer berechneten Route. Die berechnete Route ist rot auf der Karte eingezeichnet.

Zur Reisebewertung: Die Anzahl der Umstiege gibt die Anzahl der auf dieser Route benötigten Umstiege an. Die Reisezeit entspricht der gesamten Reisezeit inklusive Wartezeit, wobei die Wartezeit die gesamte umsteigebedingte Wartezeit darstellt. Die ideale Fahrzeit entspricht der Zeit, die man für eine Direktfahrt mit dem Auto benötigen würde.

In der Reiseweg-Tabelle wird dargestellt, über welche Haltstellen die Route läuft und welche Linien zu benutzen sind.

Abbildung 4.19: Berechnete Route zwischen zwei Haltestellen

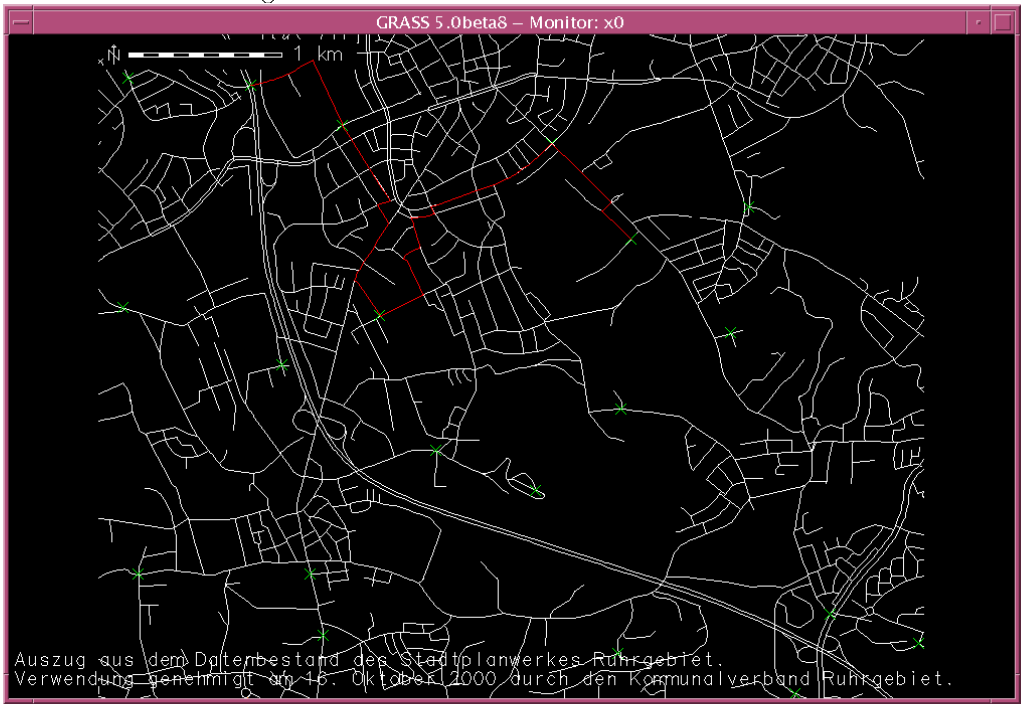
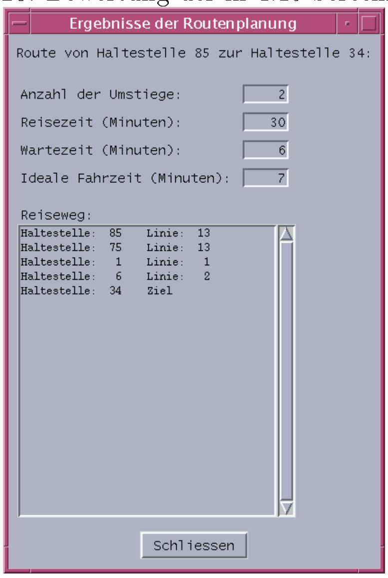


Abbildung 4.20: Bewertung der in 4.19 berechneten Route.



Anhang A

Glossar über die im Programm verwendeten Fachbegriffe

Basislinie Die Basislinie ist ein zentrales Element im Algorithmus von Sonntag, der im Linienplanmodul benutzt wird. Aufbauend auf den Basislinien werden die Linien zusammengesetzt. Eine Basislinie besteht aus zwei Kanten und den drei daran anliegenden Haltestellen.

Direkte Bindung Gibt an, dass an einer Haltestelle der Umstieg von einer angegebenen Linie zu einer anderen angegebenen Linie ohne/mit geringer Umstiegszeit verbunden sein soll.

Direktfahrt / Direktfahrer Ein Direktfahrer ist ein Fahrgast, der an seinem Ziel ankommt, ohne umzusteigen. Da ein Umstieg die Attraktivität einer Verbindung vermindert, es aber auf der anderen Seite unmöglich ist, für alle Verbindungen eine Direktfahrt zu verwirklichen, muss ein Kompromiss gefunden werden. Sonntag versucht in seinem Algorithmus den Anteil der Direktfahrer zu maximieren.

GRASS Geographic Resources Analysis Support System. Eine GEO-Datenbank bzw. ein geografisches Informationssystem, welches zur Speicherung und Verwaltung der im Programm verwendeten geografischen Daten dient.

Mindestumsteigezeit Mindestdauer, die ein Fahrgast benötigt, um an einer bestimmten Haltestelle die Linie zu wechseln.

Mindesthaltezeit Mindestdauer, die ein Bus an einer Haltestellen warten muss (zum Ein- und Auszeigen), bis er seine Fahrt wieder aufnehmen kann.

Pendlermatrix Eine Matrix mit der Anzahl der Personen, die von einem Stadtteil in den anderen wollen.

Pflichthaltestellen Haltestellen, die unbedingt zu berücksichtigen sind, wie z.B. vor Schulen, Denkmäler, Gewerbegebiete, etc. Diese können vom Benutzer manuell gesetzt werden. Intern erhalten sie die Priorität 10.

Pflichtlinien Linien, die unbedingt zu berücksichtigen sind und die nicht verändert werden dürfen. Diese können vom Benutzer manuell bestimmt werden.

Quelle-Ziel-Matrix Vollständige Matrix zwischen allen Haltestellen mit Angabe der jeweilige Reisendenanzahl. Synonym der Fahrtwunschmatrix.

Wegenetzgraph Ein Graph, in dessen Knoten die Haltestellenkoordinaten stehen. Zudem wird die Haltestelle über eine eindeutige Ziffer (ID) identifiziert und ist mit einer Haltestellenpriorität versehen. Zudem gibt es die Möglichkeit die haltestelleneigene Umsteigezeit in den Knoten festzuhalten. Die Verbindung der Knoten geschieht aufgrund der Benutzereingabe “Verbindungsradius”, der für jede Haltestelle den Radius definiert, in dem alle Haltestellen, die mit der Haltestelle im Mittelpunkt verbunden werden, liegen müssen. An den Kanten steht der Straßenzug und die Entfernung der Haltestellen. Dabei ist der kürzeste Weg als Stecke berücksichtigt. Desweiteren befinden sich die Reise- oder Fahrtzeit, der Verkehrsfluss, die Mindestwartezeit in einer Haltestelle, sowie eine Liste von Buslinien, die über die jeweilige Kante fahren an den Kanten des Wegenetzgraphen. Bei letzterem wird für jede Buslinie die Ankunfts- und die Abfahrtszeit, der Linienfluss, und der Takt einer Linie gespeichert.

Zusammenhangskomponente Ein Teilgraph des Liniengraphen, für den ein Fahrplan erstellt werden kann.

Anhang B

Fehlermeldungen

B.1 Programm

B.1.1 Programmstart

Fehler — Nach Programmstart erfolgt die Meldung: "Grass Daten nicht gefunden. Bitte Einstellungen in .programm.ini überprüfen."

Ursache — Die Installation von GRASS und die zu verwendenden GEO-Daten wurden nicht gefunden.

Behebung — Anpassung erfolgt normalerweise automatisch. In der Datei .programm.ini im Home Verzeichnis des Benutzers existiert die Zeile "set gisdbase <Verzeichnis>". Wird diese Zeile entfernt, erfolgt eine automatische Anpassung, läuft die automatische Anpassung schief, kann hier das Verzeichnis der GRASS mapset eingegeben werden.

B.1.2 Projekt anlegen, kopieren, Transfer

Fehler — Nach Eingabe einer Projektbeschreibung erfolgt die Meldung: "Die zulässige Länge der Projektbeschreibung beträgt mehr als 30 Stellen."

Ursache — Die eingegebene Beschreibung überschreitet die Maximallänge von 30 Zeichen.

Behebung — Eingabe einer kürzeren Beschreibung.

Fehler — Beim Löschen eines Projektes erfolgt die Meldung: "Das momentan aktive Projekt kann nicht gelöscht werden."

Ursache — Es wurde versucht das momentan aktive Projekt zu löschen.

Behebung — Es ist in ein anderes Projekt zu wechseln. Anschließend kann das Projket gelöscht werden. Sollte kein weiteres Projekt vorhanden sein, kann kein Löschen stattfinden. (Es muss mindestens ein Projekt existieren.) Falls dennoch gewünscht wird, seine Projektdaten zu löschen, empfielt es sich, ein neues Projekt anzulegen um anschließend die restlichen Projekte löschen zu können.

B.1.3 Einstellungen

Fehler — Nach dem Bestätigen der Eingaben im Einstellungsfenster erfolgt eine Fehlermeldung "Fehlerhafter Wert ! ..."

Ursache — Für eine Einstellung wurde ein ungültiger Wert eingegeben. Welcher Wert betroffen ist, wird in der Fehlermeldung angegeben. Ebenso der zulässige Wertebereich.

Behebung — Eingabe eines korrekten Wertes.

B.2 Anzeige

B.2.1 Zeige Linien einzeln

Fehler Nach Auswahl der Funktion "Zeige Linien einzeln" erfolgt die Meldung: "Es wurden noch keine Linien berechnet."

Ursache Die Linieneinzelanzeige kann erst nach erfolgter Linienplanberechnung stattfinden.

Behebung Vor Aufruf dieser Funktion ist ein Linienplan zu berechnen.

B.3 Funktionen

B.3.1 Pflichtlinien setzen

Fehler Nach Auswahl einer Haltestelle auf der Karte erfolgt die Meldung: "Die gewählte Zielhaltestelle ist von hier aus nicht erreichbar. Bitte eine der rot markierten Haltestellen wählen."

Ursache Die mit der Maus ausgewählte Haltestelle kann, ausgehend von der letzten Haltestelle der Linie, nicht direkt über den Wegenetzgraph erreicht werden.

Behebung Es ist eine der erreichbaren Haltestellen auszuwählen. (Die hier rot markierten Haltestellen sind die erreichbaren Haltestellen.)

B.3.2 Direkte Bindungen setzen

Fehler Beim Aufruf des Editieren oder Löschen Kommandos der Funktion "Direkte Bindungen setzen" erfolgt die Meldung: "Es wurde kein Eintrag markiert !"

Ursache Zum Editieren oder Löschen muss der zu Löschende oder Editierende Eintrag markiert sein. Dies ist hier nicht der Fall.

Behebung Einen Eintrag markieren.

Fehler Beim Editieren oder hinzufügen einer direkten Bindung erfolgt die Meldung: "Bitte eine eingehende und eine ausgehende Linie markieren !"

Ursache Eine der beiden Linien wurde nicht markiert.

Behebung Markierung einer eingehenden und einer ausgehenden Linie für die die Bindung erfolgen soll.

Fehler Beim Editieren oder hinzufügen einer direkten Bindung erfolgt die Meldung: "Es wurde die Hin- und die Rückrichtung einer Linie verknüpft. Dies ist nicht erlaubt ! Bitte eine eingehende und eine ausgehende Linie markieren !"

Ursache Es wurde versucht eine direkte Bindung zwischen der Hin-Richtung einer Linie und der Rückrichting der selben Linie zu erstellen.

Behebung Markierung einer eingehenden und einer ausgehenden Linie, wobei es sich dabei nicht um Hin- und Rückrichtung der selben Linie handeln darf. (Die Hin- und Rückrichtung einer Linie unterscheiden sich nur im Vorzeichen der LinienID. Linie -1 ist die Rückrichtung der Linie 1.)

B.3.3 Mindesthaltezeiten festlegen

Fehler "Für die Haltestelle <ID> wurde bereits eine Mindesthaltezeit eingegeben. Bitte "Editieren" wählen."

Ursache Für die gegebene Haltestelle wurde bereits eine Mindesthaltezeit festgelegt.

Behebung Die Haltezeit kann entweder per Editieren geändert oder per Löschen gelöscht werden.

B.3.4 Fahrplanberechnung starten

Fehler Nach dem Aufruf von “Fahrplanberechnung starten” erfolgt die Meldung: “Der Fahrplan hat keine Zusammenhangskomponenten ausgegeben.”

Ursache Beim Fahrplaninit wurden keine Zusammenhangskomponenten gefunden.

Behebung Evtl. ist der gewählte Ausschnitt zu klein. Einen neuen Ausschnitt wählen und die Fahrplaninitialisierung erneut aufrufen.

B.3.5 Fahrplan fertigstellen

Fehler Nach dem Aufruf von “Fahrplan fertigstellen” erfolgt die Meldung: “Es wurde noch keine Zusammenhangskomponente durchgerechnet.”

Ursache Bevor der Fahrplan fertiggestellt werden kann, muss zunächst die Funktion “Fahrplanberechnung starten” aufgerufen werden. (Dieser Fehler sollte jedoch nicht auftreten können, da er durch das Funktionsmenü abgefangen wird. Wurde die Fahrplanberechnung noch nicht durchgeführt, steht die Funktion “Fahrplan fertigstellen” nicht im Menü zur Verfügung.)

Behebung Zunächst “Fahrplanberechnung starten” aufrufen.

Fehler Nach dem Bestätigen des Dialoges zum Festlegen der Fahrplan-Abfahrtszeit, erfolgt die Meldung: “Es wurde keine Haltestelle ausgewählt.”

Ursache Es wurde keine Haltestelle angegeben, für die die Abfahrtszeit gelten soll.

Behebung Angabe einer Haltestelle durch Tastatureingabe in das entsprechende Feld oder durch Aufruf der “Mit Maus ermitteln”-Funktion.

Fehler Nach dem Bestätigen des Dialoges zum Festlegen der Fahrplan-Abfahrtszeit, erfolgt die Meldung: “Fehlerhaftes Intervall. Bitte Zeitraum von 0:00 bis 23:59 angeben.”

Ursache Die Eingabe des Intervalls ist ungültig. Es wurde eine ungültige Uhrzeit, wie z.B. 25:67 eingegeben.

Behebung Angabe einer korrekten Uhrzeit im 24 Stunden Format.

Fehler Nach dem Bestätigen des Dialoges zum Festlegen der Fahrplan-Abfahrtszeit, erfolgt die Meldung: “Es wurde keine Linie gewählt. Bitte eine der aufgeführten Linien auswählen.”

Ursache Es wurde keine Linie angegeben, für die die Abfahrtszeit gelten soll.

Behebung In der Auswahlliste ist eine eine Linie zu markieren.

Fehler Nach dem Bestätigen des Dialoges zum Festlegen der Fahrplan-Abfahrtszeit, erfolgt die Meldung: “Die ausgewählte Haltestelle/Linie befindet sich nicht in der Zusammenhangskomponente 0, sondern in Z.K. 1.”

Ursache Die ausgewählte Linie und Haltestelle, befindet sich nicht in der Zusammenhangskomponente, welche in der Schaltfläche “Zusammenhangskomponente” ausgewählt wurde.

Behebung Es ist darauf zu achten, dass die gewählte Haltestelle und Linie in der aktiven Zusammenhangskomponente liegen. (Während des “Abfahrtszeit Festlegen” Dialoges auf der Karte grün eingezeichnet.)

B.3.6 Routenplanung

Fehler Beim Aufruf der Routenplanung erfolgt die Meldung: “Um eine Routenplanung durchfuehren zu könen, müssen zunächst die Fahrplangütemaße berechnet werden.”

Ursache Die Funktion “Fahrplan Gütemaße speichern”, siehe 4.4.13, wurde noch nicht aufgerufen.

Behebung “Fahrplan Gütemaße speichern” aufrufen. Dort werden die zur Routenplanung benötigten Werte berechnet. (siehe 4.4.13)

Anhang C

Einschränkungen des Programms

- Das Programm berechnet die Haltestellen, einen Linienplan, sowie auf der Basis dieser Ergebnisse einen Fahrplan. Darüber hinaus gehende Berechnungen, wie z.B. eine Personalplanung werden durch HaLiFa nicht ermöglicht.
- Das Programm ist nicht in der Lage, selbstständig Verbesserungen an einem zuvor errechneten Ergebnis durchzuführen. Um eine Verbesserung des erzeugten Busnetzes bzw. Fahrplanes zu erzielen, ist ein Neustart, der im Programm enthaltenen Module, durch den Benutzer notwendig.
- Das, den Berechnungen zugrudeliegende Straßennetz muss vollständig in GRASS vorliegen. Sofern die Berechnung der Haltestellen oder eines anderen, nachfolgenden Moduls noch nicht angestoßen wurde, sind Manipulationen am Straßennetz nur über das Geo-Informationssystem GRASS möglich. Nach dem Start einen Moduls dürfen keine Änderungen mehr am Straßennetz vorgenommen werden.
- Den berechneten Haltestellen und Linien können keine weiteren Informationen mitgegeben werden. So ist es z.B. nicht möglich, einer Haltestelle einen Namen zuzuweisen. Die Benennung erfolgt ausschließlich durch die Vergabe einer eindeutigen Nummerierung innerhalb der einzelnen Module.
- Die Zwischenergebnisse des Fahrplans können aufgrund des internen Aufbaus nicht dauerhaft gespeichert werden. Aus diesem Grund muss nach einem Neustart des Programms, die Fahrplanberechnung erneut angestoßen werden.
- Aufgrund der verwendeten Algorithmen wird ein, für den Fahrplan nicht optimaler Linienplan errechnet.
- Das Konzept der Basislinie ist nur für kleinere Pläne mit weniger Knoten sinnvoll. Dort kann genug zusammenfasst werden, bei Herne gehen solche "zwei Kanten, die drei Knoten verbinden" Konstruktionen in der Menge der Kanten und Knoten unter. Daher erhält man nicht denselben Effekt der "Zusammenfassung" und "Bündelung" wie man erhofft hatte. Aus diesem Grund ist der Effekt nicht so stark ausgeprägt.
- Das in HaLiFa verwendete Konzept der sonntagschen Basislinienwahl und der Überdeckung liefert auf größeren Gebieten keine guten Ergebnisse.
- Es werden keine Alternativ - Routen betrachtet bzw. der gesamte Strom zwischen zwei Linien wird nur auf einen Weg verteilt (dem Kürzesten). Dies erfolgt nach einem Strömungsgesetz für parallel geschaltete "Widerstände ".
- Da die Bewertung des gesamten Linienplans sehr zeit- und rechenintensiv ist, wird in HaLiFa nur eine lokale Bewertung zweier Linien durchgeführt.
- Wenn der Parameter "Gesamtlinienlänge" ausserhalb eines bestimmten Bereichs liegt (zu klein um einen zusammenhängenden Graphen zu erzeugen oder größer als alle möglichen Basislinien zusammen), wird der Wert automatisch in den Bereich geschoben.
- Der erstellte Wegenetzgraph ist unzureichend. Es fehlt die gesonderte Betrachtung von ein- und ausgehenden Wegen.
- Es werden für einen gewählten Ausschnitt Haltestellen berechnet und nicht nur für das gesamte Stadtgebiet.

- Der Linienplan trifft keine Haltestellenauswahl, sondern übernimmt sämtliche, vom Haltestellenmodul generierten Haltestellen.
- Es wird nicht zwischen verschiedenen Strassentypen unterschieden. Insbesondere werden Sackgassen, Einbahnstraßen, Straßenverengungen und weitere topologische Gegebenheiten nicht berücksichtigt.

Anhang D

Dateiformate

D.1 Bezirke

In dieser Datei werden die Bezirke definiert. Diese Datei besteht aus 4 kommagetrennten Spalten. Hinter der letzten Spalte steht eine betriebsystemspezifische Zeilenendemarkierung. In der ersten Zeile der Datei sind die Spaltennamen definiert. Diese Zeile wird nicht ausgewertet, darf aber nicht fehlen. Dabei sind alle Spaltennamen in Anführungszeichen eingeschlossen. Die folgenden Zeilen sind wie folgt aufgebaut:

1		2		3		4
`11`	`,`	`578764.69 5712530.79`	`,`	`600`	`,`	`"11 Unser Fritz"`

Spalte	Erläuterung
1	Eindeutige ID des Bezirks
2	Koordinaten des Mittelpunkts des Bezirks in GRASS-Koordinaten, Komponenten durch Leerzeichen getrennt
3	Radius des Stadtteils in GRASS-Einheiten
4	Name des Bezirks, in Anführungszeichen einzuschließen

D.2 Pendlerverkehr zwischen Bezirken

In dieser Datei werden die Pendler erfasst, und nach Kategorie aufgeschlüsselt. Diese Datei besteht aus 6 kommagetrennten Spalten. Hinter der letzten Spalte steht eine betriebsystemspezifische Zeilenendemarkierung. In der ersten Zeile der Datei sind die Spaltennamen definiert. Dabei sind alle Spaltennamen in Anführungszeichen eingeschlossen. Die folgenden Zeilen sind wie folgt aufgebaut:

1		2		3		4		5		6
`11`	`,`	`11`	`,`	`506`	`,`	`176`	`,`	`330`	`,`	`1012`

Spalte	Erläuterung
1	ID des Startbezirks
2	ID des Zielbezirks
3	*Anzahl der Pendler*
4	*Anzahl der Berufspendler*
5	*Anzahl der Ausbildungspendler*
6	Gesamtzahl der Pendler

Dabei ist der Startbezirk derjenige, in dem die Personen ihre Fahrt beginnen, und auch am Ende des Tages wieder dorthin zurückfahren, und der Zielbezirk ist derjenige, an dem die Personen ihren Tag verbringen.

D.3 Bevölkerungsdichte

In dieser Datei wird den einzelnen Bezirken die Anzahl der Personen zugewiesen, welche dauerhaft in diesen Bezirken leben. Diese Datei besteht aus 2 Spalten, die durch ein Komma getrennt sind. Hinter der letzten Spalte steht eine betriebsystemspezifische Zeilenendemarkierung. Die Zeilen sind wie folgt aufgebaut:

1		2
`11`	`,`	`2342`

Spalte	Erläuterung
1	ID des Bezirks
2	Anzahl der Bewohner

D.4 Fahrtwunschdaten

Diese Datei besteht aus 3 kommagetrennten Spalten. Hinter der letzten Spalte steht eine betriebsystemspezifische Zeilenendemarkierung. Die Spalten haben folgenden Aufbau:

1		2		3
`2580125.26 5711747.9`	`,`	`2584475.86 5712939.29`	`,`	`4`

Spalte	Beschreibung
1	Startposition des Fahrtwunsches in GRASS-Koordinaten, durch Leerzeichen getrennt
2	Zielposition des Fahrtwunsches in GRASS-Koordinaten, durch Leerzeichen getrennt
3	Anzahl der Personen, welche den Fahrtwunsch haben