

# Erreichbarkeitsveränderungen in der Schweiz

## Eine kartographische Darstellung

**Book Chapter**

**Author(s):**

Carosio, Alessandro; Dolci, Claudia; Scherer, Milena

**Publication date:**

2005

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005231298>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

**Originally published in:**

Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung 319

---

## Kapitel 3

# Erreichbarkeitsveränderungen in der Schweiz: Eine kartographische Darstellung

A Carosio

C Dolci

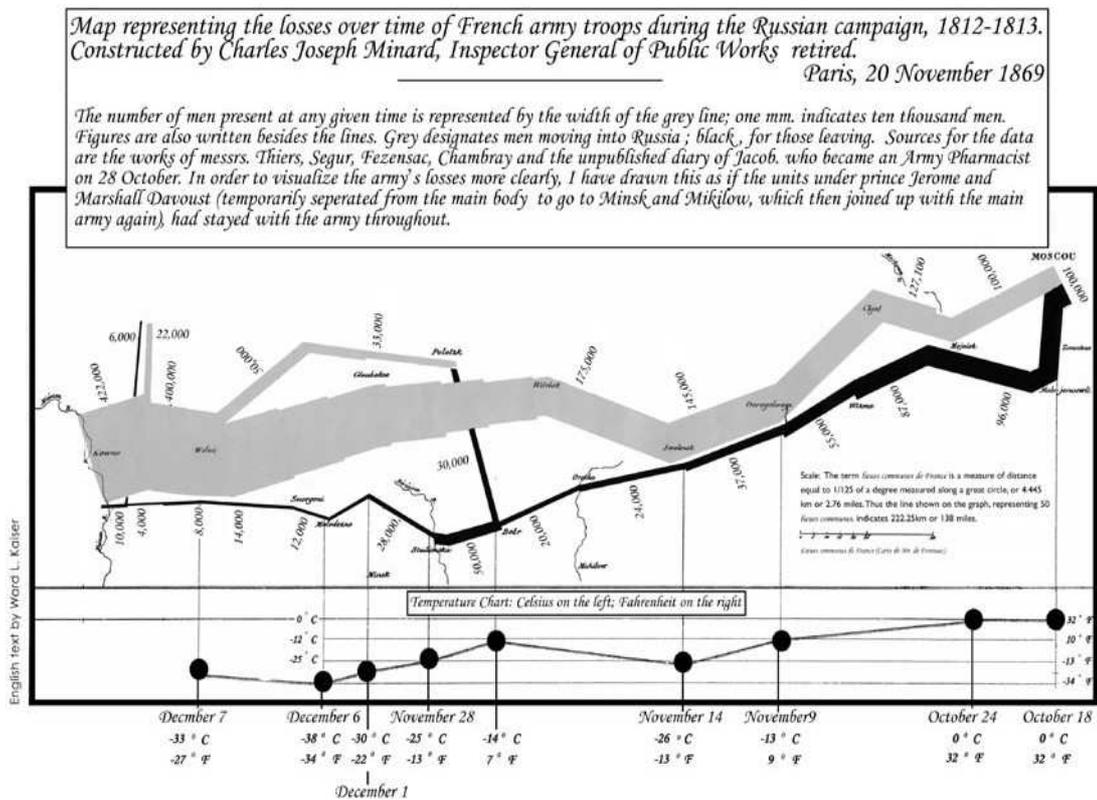
M Scherer

November 2005

# 1 Zeitkarten - Darstellung der Reisezeiten

Es wurden bereits in der Vergangenheit viele Versuche unternommen, die Zeit in einer Karte darzustellen. Als Beispiel kann man „*Minard's Map*“ (1861) erwähnen. Diese Karte zeigt die Verluste des französisch geführten Heeres während Napoleons Russlandfeldzug 1812-1813 (siehe Abbildung 1).

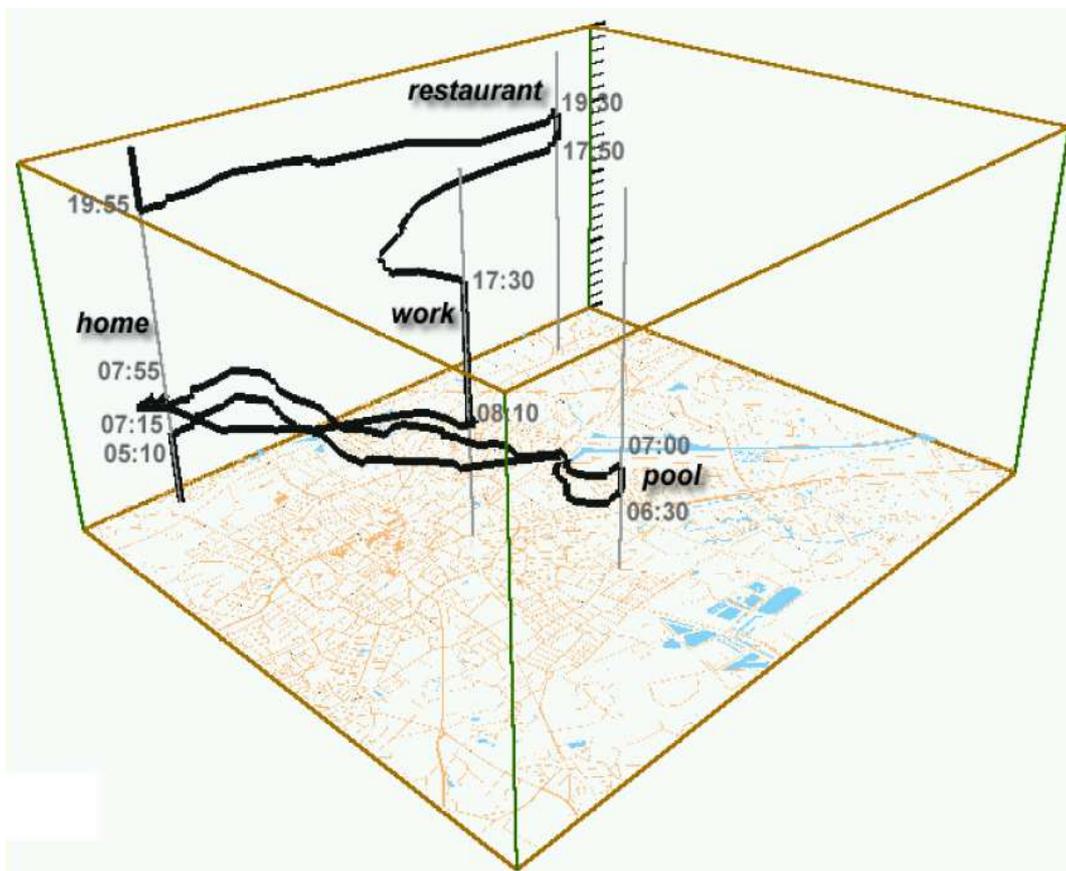
Abbildung 1: Minard's Karte Napoleons Russlandfeldzug



Quelle: <http://www.odt.org/pictureembed.htm> - Minard's Map“ (1861)

Ein anderes Beispiel ist der Hagerstrand's Raum-Zeit-Würfel (2003), deren Kubusbasis eine Karte ist, während die Kubushöhe die Zeitachse ist. In Abbildung 2 kann man ein praktisches Beispiel sehen, in dem die Streckeverläufe eines Tageslaufes einer Person aufgezeichnet sind.

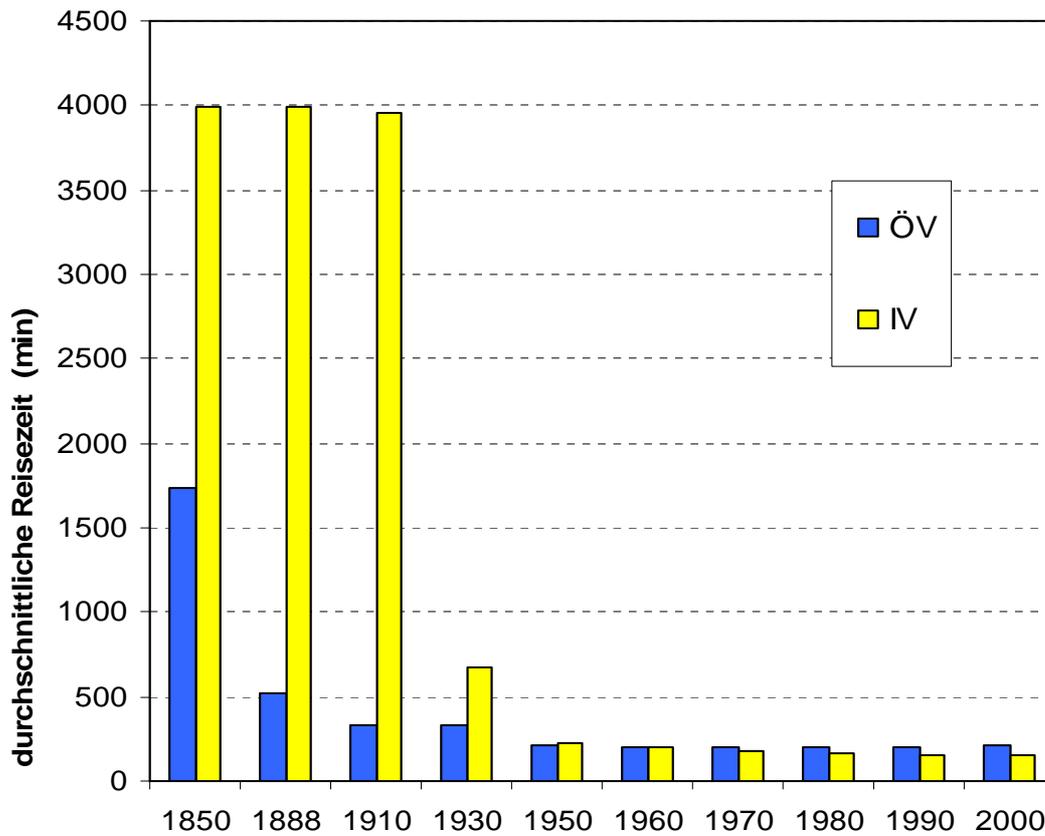
Abbildung 2 Raum-Zeit-Würfel nach Hagerstrand



Quelle des Beispiels: Kraak, 2003

Alternative einfache Darstellungen sind z.B. **Balkendiagramme** mit den Werten der Reisezeit einer ausgewählten Verbindung verschiedener Jahre (siehe Abbildung 3) oder eine **Entfernungstabelle**, wie in Abbildung 4.

Abbildung 3 Reisezeit zwischen Genf und Luzern, 1850 - 2000



Daten aus den historischen Netzmodellen des IVT (Siehe Trschopp, Fröhlich, Keller und Axhausen, 2003); Man beachte die verzerrte Zeit.-Achse !

Abbildung 4 Detail einer Entfernungstabelle Schweizer Städte

<i>in km</i>	Aarau	Andermatt	Basel	Bellinzona	Bern	Biel	Brig	Chiasso	Chur	Davos	Fribourg	Genf	Glarus	Interlaken	Kreuzlingen	Lausanne	Locarno	Lugano
Aarau	-	136	66	208	83	72	215	259	163	194	113	234	116	138	108	185	227	234
Andermatt		-	168	86	147	188	79	137	94	154	169	293	100	97	172	231	105	112
Basel			-	240	96	84	247	291	199	230	124	246	152	147	151	197	259	266
Bellinzona				-	219	255	127	54	115	134	251	343	185	178	242	279	18	28
Bern					-	40	169	270	241	292	32	154	225	56	192	105	238	245
Biel						-	204	307	275	330	70	159	188	91	187	110	274	281
Brig							-	186	172	227	181	215	177	113	249	152	107	146
Chiasso								-	169	194	289	399	239	216	296	337	66	27
Chur									-	58	263	387	71	191	128	325	137	143
Davos										-	319	443	100	247	157	381	160	166
Fribourg											-	137	241	73	223	75	257	263
Genf												-	382	190	345	63	322	361
Glarus													-	168	92	331	195	201
Interlaken														-	195	149	184	190
Kreuzlingen															-	288	278	284
Lausanne																-	259	298
Locarno																	-	39
Lugano																		-

Quelle: Hergeleitet aus dem Kursbuch der SBB 2005

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Reisezeiten ausgehend von einem festgelegten Ort mit **Isochronen** auf einer geographischen Karte zu visualisieren. Anhand der Li-

nien oder unterschiedlichen Farben, die die Bereiche darstellen, welche vom Ausgangspunkt aus entlang dem vorhandenen Wegnetz oder mittels den zur Verfügung stehenden Verkehrsmitteln in der selben Zeit zu erreichen sind, kann der Zeitaufwand von jedem beliebigen Punkt der Karte zum Ausgangspunkt abgelesen werden (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5 Isochronenkarte der Bahnreisezeiten ab Zürich, 1997



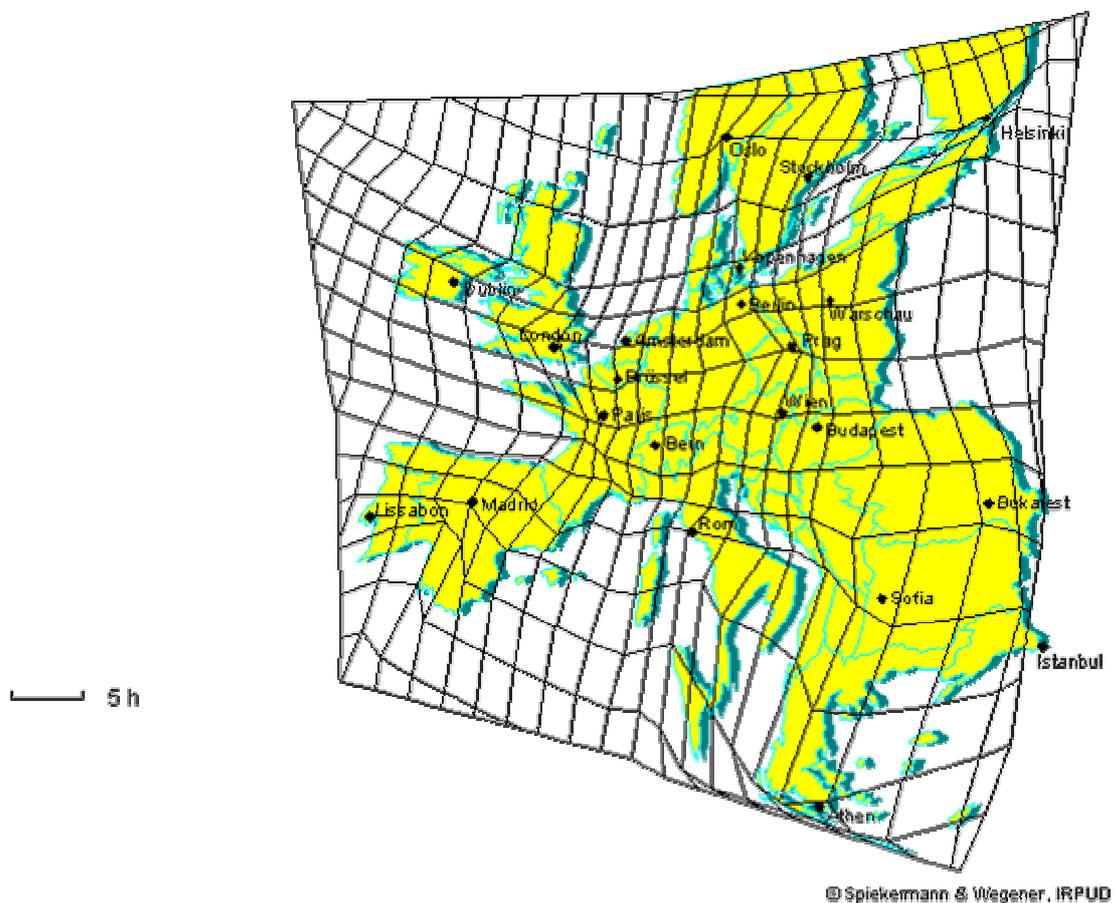
Quelle: Spiekermann in Axhausen (2001)

Weit auseinander liegende Isochronen zeigen schnelle Verkehrsmittel an, während eng beieinander liegende Linien auf relativ hohen zeitlichen Aufwand zur Raumüberwindung hinweisen. Ein Nachteil der Isochronenkarten ist, dass die zeitlichen Entfernungen von nur einem Ort gezeigt werden können (Spiekermann und Wegener, 1993)

Eine weitere Darstellungsmöglichkeit sind die **Zeitkarten** (*Time (scaled) maps*), die dem Betrachter die Reisezeitveränderung visualisiert, indem die geographische Karte anhand

von Reisezeiten transformiert wird (siehe Abbildung 6. So wird es möglich, anhand der Reisezeit - Skalierung unsere bekannte Umwelt entsprechend der Reisedauer darzustellen (Spiekermann und Wegener, 1994). In Zeitkarten werden die Elemente der Karte in einem zweidimensionalen Raum so dargestellt, dass die Abstände zwischen zwei Punkten auf der Karte nicht mehr proportional zur räumlichen Distanz sind wie bei topographischen Karten, sondern proportional zu den Reisezeiten. Das heisst, bei kurzen Reisezeiten zwischen zwei Orten werden diese auf der Karte nahe zusammenliegend abgebildet und umgekehrt. Der Kartenmassstab wird also nicht durch Raumeinheiten, sondern durch Zeiteinheiten gebildet.

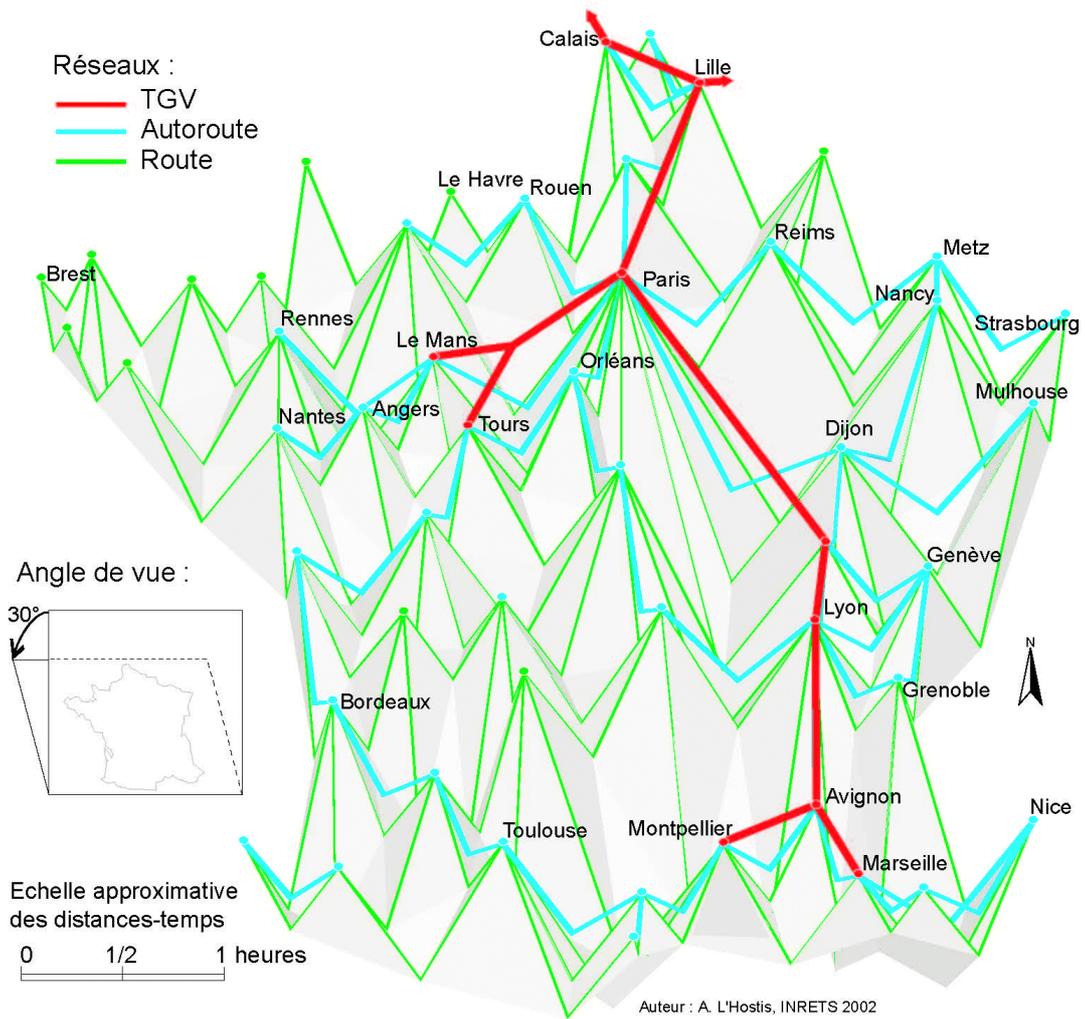
Abbildung 6 Zeitkarte für die europäischen Eisenbahnreisezeiten 1993



Quelle: Spiekermann and Wegener, 1994

Einen alternativen Ansatz wählt l'Hostis (1997), der die Oberflächen verzerrt, um durch die Entfernung im 3D-Raum ablesbar zu machen.

Abbildung 7 Zeitkarte mit 3D-Entfernungen



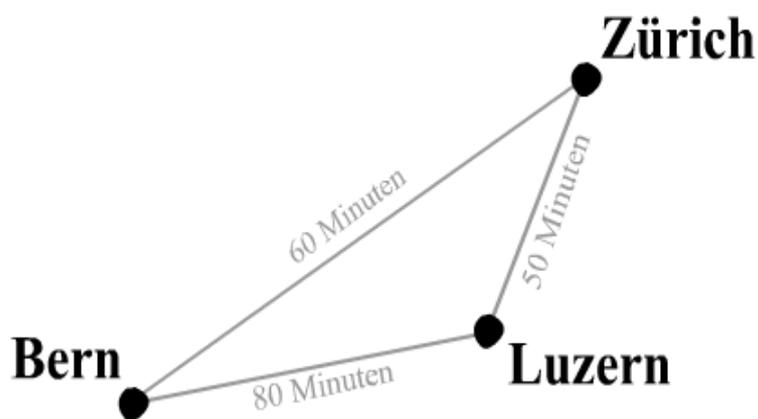
Quelle: A. L'Hostis, INRETS 2002

## 2 Gewählter Ansatz zur Erzeugung der Zeitkarten

Um Zeitkarten zu erzeugen, wird in den Berechnungen überall eine einheitliche Zeitskala untergestellt. Zeitkarten werden durch Transformation der Raumkoordinaten einer bestehenden Karte in Zeitkoordinaten erzeugt. Man verwendet die Reisezeit zwischen zwei Ortschaften als virtuelle Distanz (siehe Abbildung 8). In einer zweidimensionalen Darstellung ist es nicht möglich, die Zeitdistanzen zwischen allen Punkten exakt wiederzugeben. Zeitkarten sind daher nur Näherungslösungen. Um die Zeitkarten zu berechnen, haben wir die Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate gewählt und die Reisezeiten als Beobachtungen betrachtet (A.Carosio, 2003).

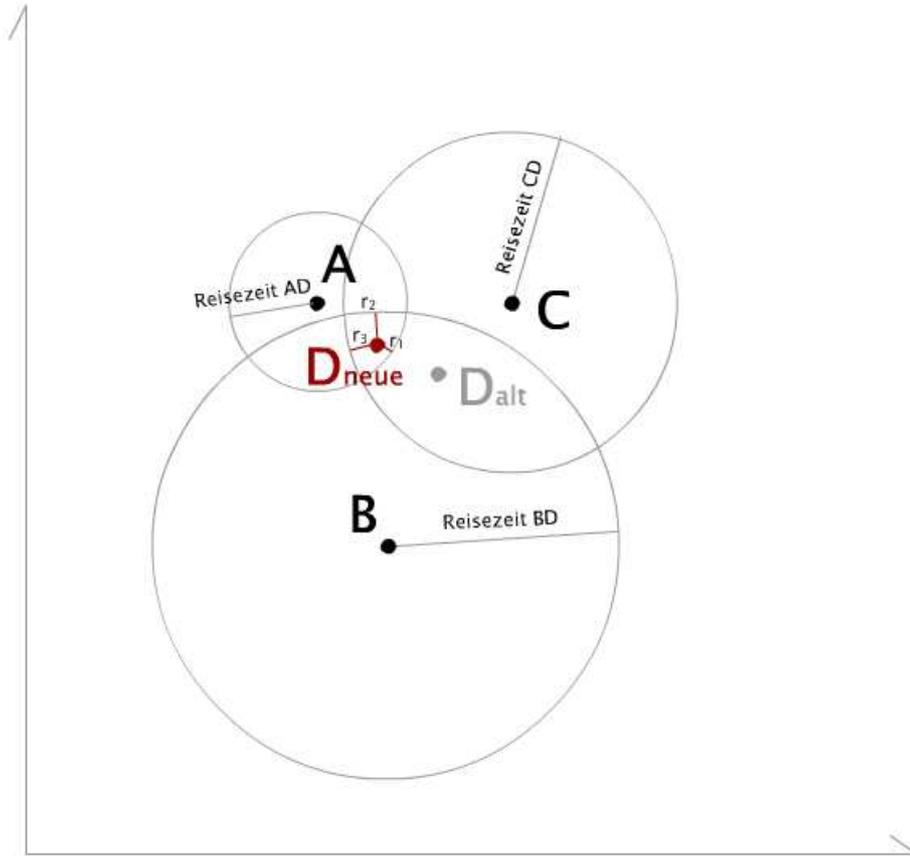
Abbildung 8 Reisezeiten zwischen drei Ortschaften

---



Es werden mit dieser Methode neue Positionen (Zeit-Positionen) für die Ortschaften berechnet, so dass die Abstände die zeitliche Entfernung mit minimalem Fehler wiedergeben. Werden drei Ortschaften berücksichtigt, kann man mit den zugehörigen drei Reisezeiten, die neuen Zeit-Positionen eindeutig herleiten. Ab vier Ortschaften entstehen geometrische Widersprüche, da die Fahrdauer zwischen den Ortschaften nicht notwendigerweise proportional zum geometrischen Abstand ist. Die neuen Punktpositionen werden so berechnet werden, dass die Unterschiede (Residuen) zwischen den Entfernungen in der Zeitkarte und den Reisezeiten möglichst klein bleiben (Minimalsumme der Quadrate der Residuen) (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9 Positionierung von Ortschaft D mit der Methode der kleinsten Quadrate



Für die gewünschten Zeit-Positionen ( $Y_i, X_i$  für die Ortschaft  $P_i$ ) gilt:

$$\text{Reisezeit}(P_i - P_j) + r_{ij} = \sqrt{(Y_j - Y_i)^2 + (X_j - X_i)^2}$$

Eine solche Gleichung kann für alle verfügbaren Reisezeiten geschrieben werden, um die Zeit-Positionen ( $X, Y$ ) zu bestimmen. Eine eindeutige Lösung entsteht, wenn die Bedingung

$$\sum r_{ij}^2 = \text{Minimal}$$

erfüllt wird.

Wenn die Reisezeiten unterschiedlich gewichtet werden, wird ein Gewicht ( $p_{ij}$ ) oder eine Standardabweichung ( $\sigma_{ij}$ ) für jede Reisezeit festgelegt ( $p_{ij} = 1/\sigma_{ij}$ ). Die Bedingung ist dann:

$$\sum p_{ij} r_{ij}^2 = \text{Minimal}$$

So erhält man Zeit-Positionen mit einer Minimalsumme der Quadrate der Residuen (Methode der kleinsten Quadrate).

Für die Berechnung der Zeitkarte wird in dieser Arbeit die beschriebene Ausgleichung in zwei Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt werden die Zeitentfernungen zwischen den wichtigsten Knotenpunkten des Verkehrsnetzes ausgeglichen. Im zweiten Schritt werden die Koordinaten von weiteren Ortschaften nur unter Berücksichtigung der weiteren Zeitentfernungen (Gewichtabnahme für grosse Entfernungen, damit deren Einfluss nicht überbewertet wird) berechnet. Die Koordinaten der wichtigsten Knotenpunkte werden im zweiten Schritt beibehalten.

Diese Methode wurde mit der Software **LTOP** (Landestopographie) umgesetzt (E. Gubler, 2002). LTOP ist in der Schweiz die Standardsoftware für die Ausgleichung geodätischer Netze nach der Methode der kleinsten Quadrate. Sie bestimmt Koordinaten von Punkten auf Grund einer beliebigen Menge von Beobachtungen, im vorliegenden Fall von Entfernungen. Die Software kann die einzelnen Beobachtungen durch Eingabe der Standardabweichung gewichten

Man erhält so gestalterisch befriedigende Positionen für alle Ortschaften, die die zeitliche Distanz zwischen den Punkten mit möglichst geringer Verzerrung wiedergeben.

### **3 Umsetzung in ArcGIS 9.0**

Die beschriebene Ausgleichung liefert eine beschränkte Anzahl Punkte, deren Entfernungen optimal die Fahrzeiten annähern. Um eine Zeitkarte zu erzeugen, benötigt man zusätzlich eine stetige Transformation, welche eine bestehende Karte in Übereinstimmung mit den berechneten Punkten bringt.

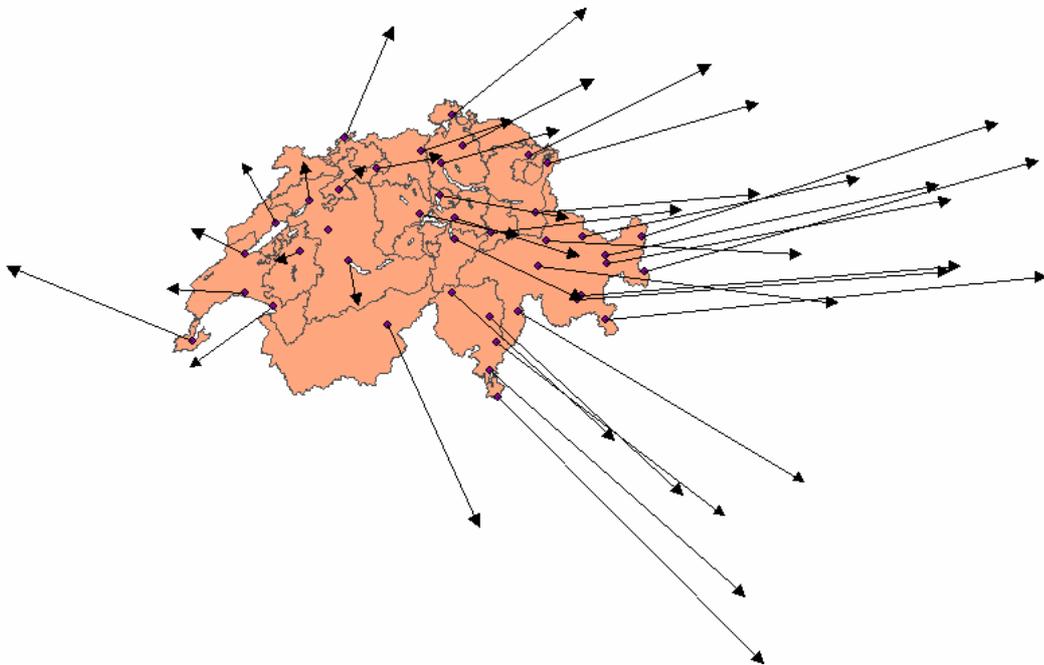
Gesucht war eine verbreitete GIS-Software, welche Transformationen von Karten ausführen kann. ArcGIS 9.0 (von ESRI) wurde den Anforderungen am besten gerecht, erstens weil diese Software weltweit benutzt wird und zweitens weil in ArcMap einige Funktionen zur Verfügung stehen, die stetige Transformationen ausführen können. Ausserdem

kann man mit einer GIS-Software verschiedene Datensätzen verwenden und eine vereinfachte Auswahl der Elemente einer Karte erlauben.

Mit den neuen Koordinaten der Ausgleichsrechnung kann man Verschiebungsvektoren (Linkfile) generieren, welche in ArcMap als Eingabe für eine stetige Transformation verwendet werden (siehe Abbildung 10). Für die einzelnen Arbeitsschritte und die neue ArcMap Taskleiste siehe den Anhang am Schluss dieses Kapitels.

Abbildung 10 Verschiebungsvektoren zwischen geographischen und Zeit-Positionen

---



---

In ArcMap ist die *Rubbersheet* Transformation am geeignetsten für die Aufgabe. Die ersten Versuche zeigten aber, dass die Elemente der Karten hatten nicht immer die gewünschten Eigenschaften hatten. Es ergaben sich manchmal Gebietsüberlappungen oder extrem starke Verzerrungen (siehe Abbildung 11). Zur Vermeidung dieser Probleme wurde neu ein Zwischenschritt eingeschaltet durch den für ein dichteres Netz an Punkten geglättete Verschiebungsvektoren berechnet wurden. Die Vektoren für diese zusätzliche Rasterpunkte wurden als gewichtetes Mittel der Originalvektoren berechnet (Siehe Abbildung 12 und 13 für die Ergebnisse)

Abbildung 11 Darstellungprobleme mit rubbersheet bei Verwendung des originalen Satzes an Verschiebungsvektoren

Eingabe

Nach rubbersheet - Transformation

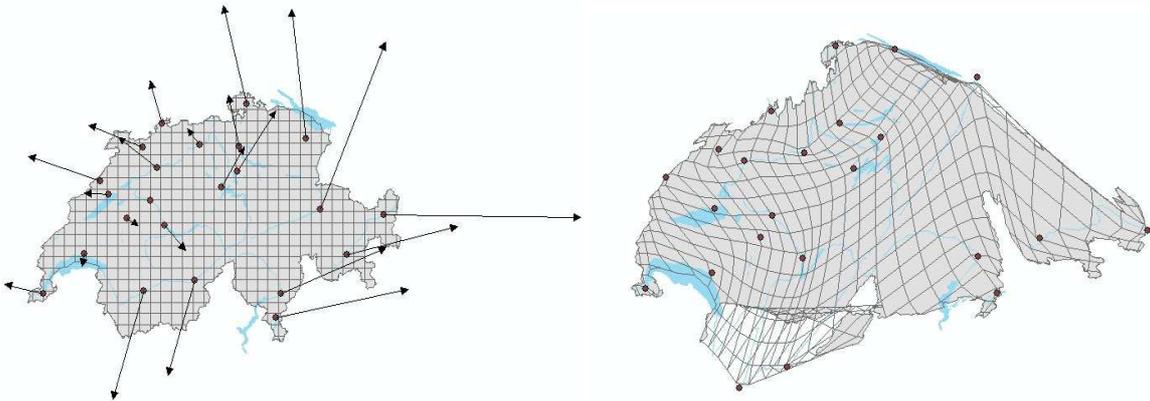
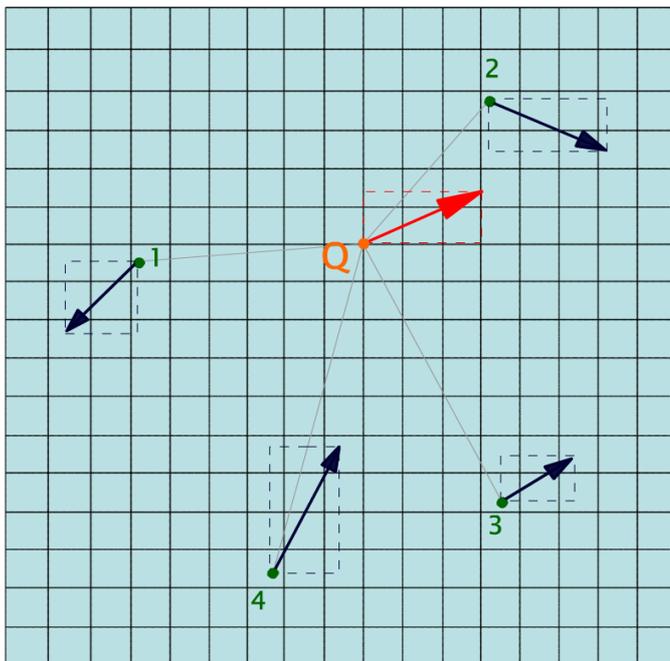


Abbildung 12 Glättung der Verschiebungsvektoren der Rasterpunkte durch Gewichtung der umliegenden originalen Vektoren



$$\Delta X_Q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot \Delta X_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

$$\Delta Y_Q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot \Delta Y_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

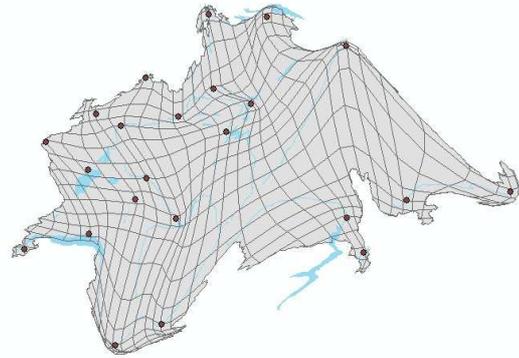
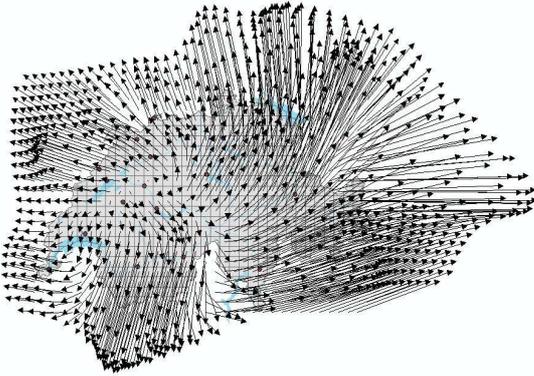
$$p_i = \frac{1}{d_i^3}$$

Abbildung 13 Ergebnisse der rubbersheet Transformation mit dem verdichteten und geglätteten Satz an Verschiebungsvektoren

---

Verdichteter Vektorsatz

Nach rubbersheet - Transformation



---

## 4 Die Erstellung der Schweizer Zeitkarten

### 4.1 Allgemeines Vorgehen

Die Reisezeiten im mIV und im ÖV wurden, wie oben beschrieben (Fröhlich, Tschopp und Axhausen, 2005) erstellt. Es lagen damit für jedes Jahrzehnt Reisezeitmatrizen von jeder Gemeinde zu jeder anderen Gemeinde vor.

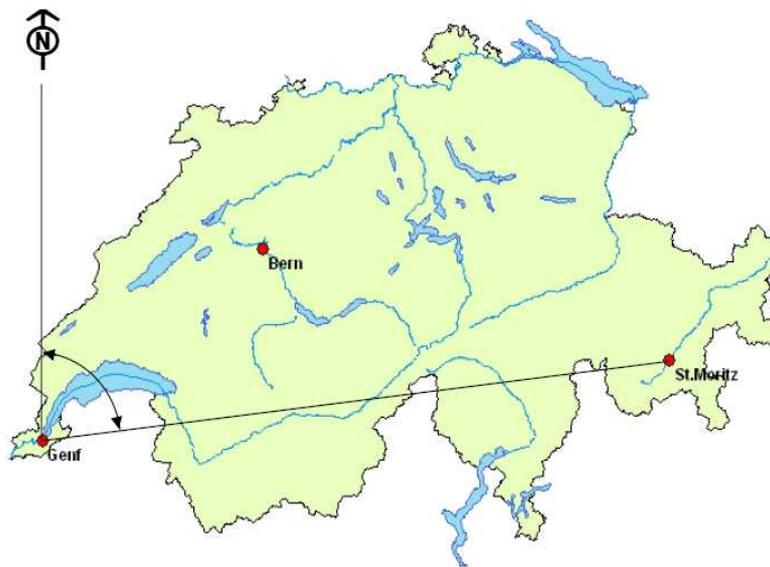
Für die IV – Zeitkarten wurden 30 übergeordnete Orte ausgesucht, um alle Landesteile abzudecken (Siehe Abbildung und Tabelle 1). Im zweiten Schritt werden die weiteren Gemeinden relativ dazu positioniert, wobei jeweils nur diejenigen Verbindungen berücksichtigt werden, welche unter einer bestimmten Reisezeit liegen, in diesem Fall 20 Minuten (siehe Scherer, 2004 Abbildung 17). Für die ÖV-Reisezeiten werden 22 übergeordnete Ortschaften in der Schweiz berücksichtigt (siehe Abbildung ).

Der Unterschied zu den IV-Karten liegt in den Anbindungen ans benachbarte Ausland. In den ÖV-Matrizen sind lediglich direkte Zugverbindungen ins Ausland berücksichtigt. Deshalb wurde bei den Zeitkarten für den ÖV auf Anbindungen ins Ausland verzichtet.

Die Stadt Bern wird in allen Berechnungsschritten als Fixpunkt behandelt. Um den Vergleich zwischen verschiedenen Zeitkarten zu ermöglichen, wird zusätzlich das Azimut, d.h. der Winkel zwischen Geographisch Nord und der Verbindung Genf - St. Moritz, festgehalten (siehe Abbildung 14).

Abbildung 14 Festlegungen für die Vergleichbarkeit der Zeitkarten

---



$$\text{Azimut} = \arctan \frac{\Delta \text{easting}}{\Delta \text{northing}} = \arctan \frac{Y_{\text{StMoritz}} - Y_{\text{Geneve}}}{X_{\text{StMoritz}} - X_{\text{Geneve}}} = 92.35$$

Koordinaten: Genf 500376, 117412 unhd St. Moritz 784102, 151669

---

## 4.2 Erweiterter Ansatz für die ÖV-Zeitkarten

Die Erstellung der Zeitkarten für den Öffentlichen Verkehr zeigte sich schwieriger als erwartet. Die Verbindungen des öffentlichen Verkehrs zwischen peripherischen Ortschaften (z.B. Bellinzona-Chur, Bellinzona-Sion) waren nur mit grossen Umwegen und längeren Wartezeiten möglich. Die entsprechenden Fahrzeiten waren für diese Verbindungen so gross, dass die Widersprüche mit den anderen Verbindungen keine optimale Transformation für die Karte erlaubten (siehe Abbildung ).

Verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten wurden in Betracht gezogen und untersucht. Die gewählte Lösung folgt der Idee der modernen Ansätzen der robusten Statistik (A. Carosio, 2001). Es wird in Kauf genommen, dass einzelne Zeitdistanzen stark von allen anderen abweichen können (Ausreisser). Eine optimale Schätzung wird in diesen Fällen bestimmt in dem die abnormalen Entfernungen weniger gewichtet werden. Diese Lösung ermöglicht es die Geländeformen zu erhalten (notwendig für die Interpretierbarkeit) und gibt die meisten Fahrzeiten aus der Karte korrekt wieder. Aus diesem Grund wurden die fünf kritischsten Verbindungen aus den Daten des Jahres 1970 ermittelt. Für diese Verbindungen wurden die Reisezeiten von 1970 für das Jahr 1960 manuell um ca. 20% und für das Jahr 1950 um ca. 40% vergrössert (siehe Tabelle 2).

Nur die abweichenden Verbindungen werden in den Zeitkarten nicht mehr exakt abgebildet (siehe Abbildung ).

Abbildung 15 30 Orte des übergeordneten Netzes für die IV- Reisezeiten

---



Abbildung 16 22 Orte des übergeordneten Netzes für die ÖV- Reisezeiten

---

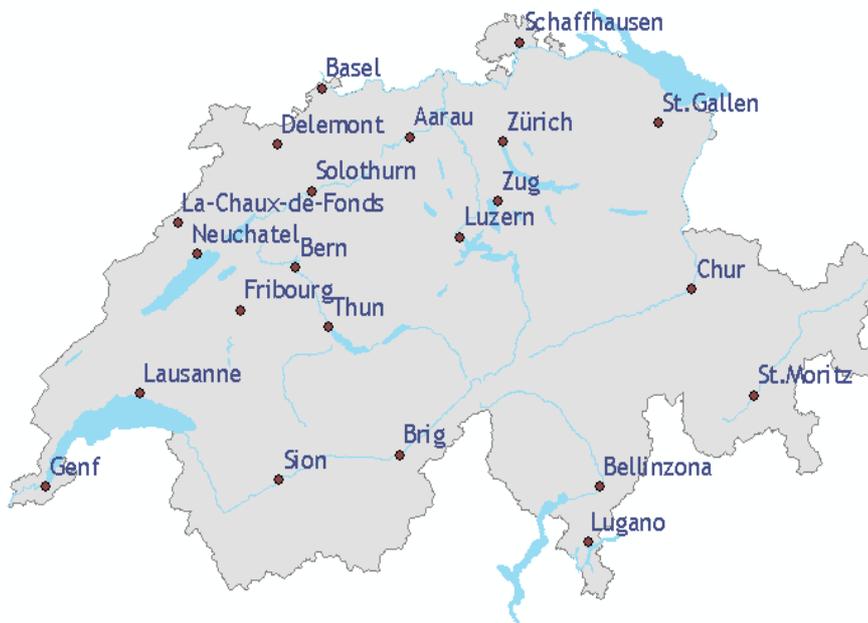
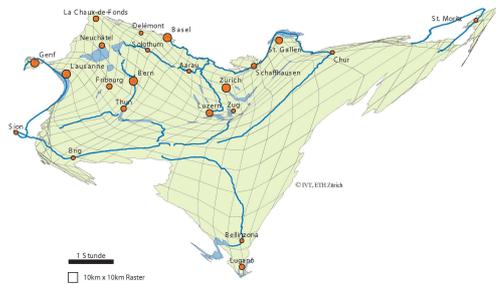


Tabelle 1: Übergeordnete Orte für die Erstellung der Zeitkarten

IV - Karten	ÖV- Karten
Aarau	Aarau
Aosta	
Basel	Basel
Bellinzona	Bellinzona
Bern	Bern
Brig	Brig
Chur	Chur
Delemont	Delemont
Franche-Comte	
Freiburg im Breisgau	
Fribourg	Fribourg
Genf	Genf
La-Chaux-de-Fonds	La-Chaux-de-Fonds
Lausanne	Lausanne
Lugano	Lugano
Luzern	Luzern
Memmingen	
Neuchatel	Neuchatel
Piemont	
Rhone-Alpes	
Schaffhausen	Schaffhausen
Sion	Sion
Solothurn	Solothurn
St.Gallen	St.Gallen
St.Moritz	St.Moritz
Thun	Thun
Tirol	
Vorarlberg	
Zug	Zug
Zürich	Zürich

Abbildung 17 ÖV - Zeitkarten vor dem erweiterten Verfahren (1950, 1970 und 1990)

1950



1970



1990

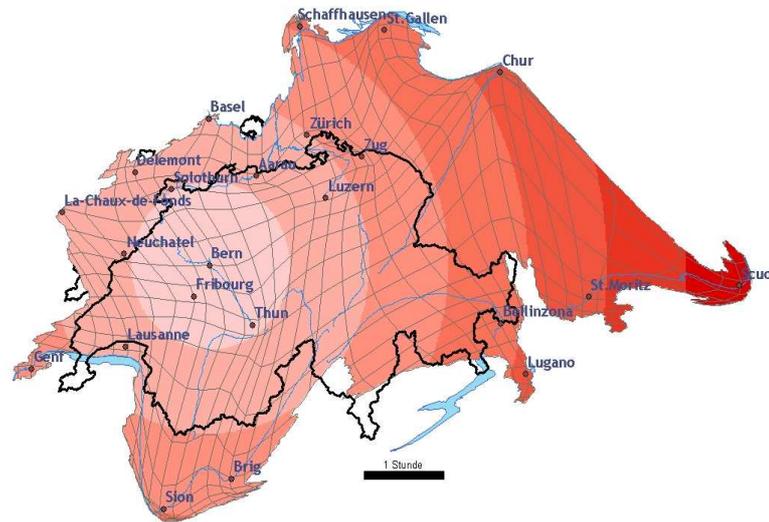


Tabelle 2 Verwendete Reisezeiten (min) ÖV 1950 und 1960 nach manueller Anpassung

Verbindung:		Original 1950	Neu 1950	Original 1960	Neu 1960
Bellinzona	Chur	318	200	270	180
Chur	Lugano	353	250	304	230
Bellinzona	Brig	319	241	193	193
Lugano	Brig	360	280	279	250
Sion	Bellinzona	362	280	270	250

Abbildung 18 Zeitkarten ÖV 1950 mit modifizierten Verbindungen und Isochronen ab Bern

---



## 5 Ausblick

Die Zeitkarten geben einen intuitiven und ansprechenden Überblick über die relativen Reisezeiten für das betrachtete Jahr und Land. Darüberhinaus kann man aber auch grob abschätzen, um wieviel sich das Land vergrössert oder verkleinert hat. Dabei handelt es sich - wie auch bei den Zeitkarten - um Durchschnittswerte, die mit Vorsicht behandelt werden müssen. Tabelle 3 zeigt die aus ArcMap ermittelten Prozentwerte. Es stellt sich die Frage, ob sich die Schrumpfung der Schweiz in den kommenden Jahren weiter fortsetzen wird.

Tabelle 3 Prozentuale Flächenveränderung der Zeitkarten

	IV	ÖV
1950	100%	100%
1960	82%	92%
1970	61%	82%
1980	52%	79%
1990	49%	79%
2000	47%	83%

## 6 Literatur

- Axhausen, K.W. (2001) Reisezeiten im Schweizer Eisenbahnnetz 1870-2010, Materialien zur Vorlesung Verkehrsplanung 5, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich
- Carosio, A. (2001) The methods of robust statistics for applications in Geodesy and GIS, IAG - SSG 4.190, March 2001, IGP ETHZ - Bericht 296, Zürich.
- Carosio, A. (2003) Ausgleichsrechnung I, Vorlesungsskript IGP, ETH Zürich, Zürich.
- Gubler, E. (2002) Beschreibung zum Programm LTOP Version 94, [http://www.swisstopo.ch/pub/down/download/geo\\_software/ltop\\_de.pdf](http://www.swisstopo.ch/pub/down/download/geo_software/ltop_de.pdf)
- Kraak, M. J. (2003) The space-time cube revisited from a geovisualization perspective, Proceedings of the 21st International Cartographic Conference, 1988-1995, Durban, August 2003.
- L'Hostis A. (1997) A 3D Representation for Transportation Networks. *10<sup>th</sup> European Colloquium of Theoretical and Quantitative Geography*, Rostock, Sept 1997.
- Scherer, M. (2004) Erreichbarkeitsveränderungen in der Schweiz: Eine kartographische Darstellung, Semesterarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
- Shimizu, E. (1993) Time-space Mapping Based on Topological Transformation of Physical Map, *Proc. the 6<sup>th</sup> World Conference on Transport Research*, Vol. 1, 219-230.
- Spiekermann, K. (1999) Visualisierung von Eisenbahnreisezeiten-Ein interaktives Computerprogramm, *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, **45**, Universität Dortmund, Dortmund.

Spiekermann, K. und M. Wegener (1994) The shrinking continent: New time-spamaps of Europe, *Environment and Planning B*, **21** (5) 653-673.

Tschopp M., P. Fröhlich, P. Keller und K.W. Axhausen (2003) Accessibility, Spatial Organisation and Demography in Switzerland through 1850 to 2000: First Results, Vortrag bei T2M Conference, Eindhoven, November.2003.

## Anhang: Die Implementierung in ArcMap

Die Arbeitsschritte für die Erzeugung unserer Zeitkarten lassen sich in folgende acht Punkte zusammenfassen.

1. Aufbereitung der Eingabedaten der wichtigsten Knotenpunkte für die LTOP Ausglei-  
chung
2. Ausglei-  
chung der Zeit-Positionen mittels LTOP
3. Generierung des Linkfiles für die wichtigsten Knotenpunkte
4. Aufbereitung der Eingabedaten der weiteren Ortschaften für die LTOP Ausglei-  
chung
5. Ausglei-  
chung der Zeit-Positionen mittels LTOP
6. Generierung des Linkfiles für alle Ortschaften
7. Berechnung des dichterem Linkfiles
8. *Rubbersheet* Transformation in ArcMap

Zur einfacheren Handhabung wurden Visual Basic Zusatzfunktionen (Dolci, 2005) programmiert welche in einer neuen Taskleiste in ArcMap (siehe Abbildung 19) implementiert wurden.

Abbildung 19 Taskleiste in ArcMap



Mit Hilfe dieser Werkzeuge ist es möglich, die Reisezeiten bequem darzustellen und die Zeitkarten zu erstellen. Die erste Version dieser Zusatzfunktionen war in Visual C++ programmiert. Für eine bessere Kompatibilität mit der Entwicklungssprache, welche ArcGIS für seine eigene Applikationen benutzt, wurden sie in Visual Basic übersetzt.

In den folgenden Punkten werden die Buttons mit ihren entsprechenden Funktionsweisen und die Transformation der Karte in ArcMap beschrieben.

## A.1 Vorbereitung der LTOP-Input Files



Die Eingabedaten (Reisezeiten und Koordinaten) werden im .txt-Format benötigt durch Kommas getrennt (siehe Abbildung 20). Die Textdateien für die Reisezeiten enthalten jeweils die beiden Gemeindennamen, die zugehörige Reisezeit (in Min.) und die Reisezeit multipliziert mit 1000. Zusätzlich wird eine Textdatei mit allen Ortschaften inkl. Koordinaten verwendet, wie sie in der nachstehenden Abbildung ersichtlich ist.

Abbildung 20 Benötigte Input-Informationen: Reisezeiten (links) und Koordinaten (rechts)

### Reisezeiten:

```
Thun, Lugano, 193, 193000
Thun, Chur, 166, 166000
Thun, Brig, 95, 95000
Thun, Sion, 108, 108000
Thun, La-Chaux-de-Fonds, 89, 89000
Thun, Neuchatel, 64, 64000
Thun, Bern, 26, 26000
Thun, Delemont, 78, 78000
Thun, Zürich, 101, 101000
```

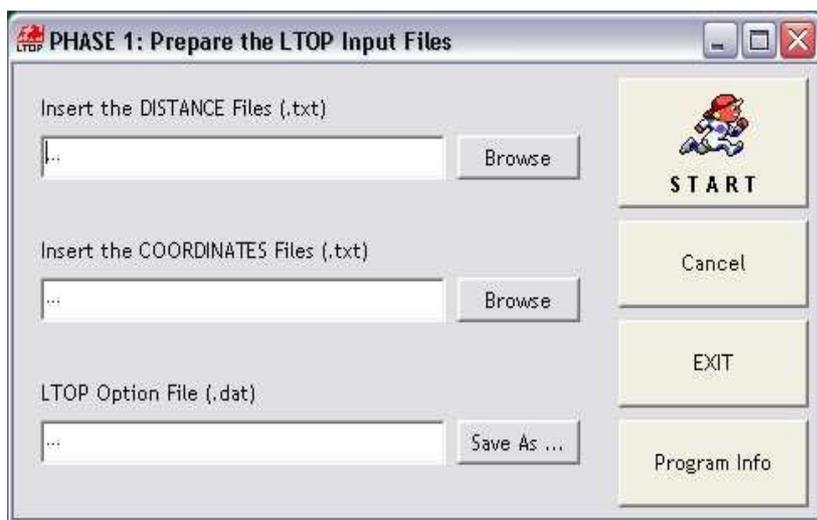
64 min →

64000

### Koordinaten:

```
942.00, Thun, 613861, 177324
1061.00, Luzern, 666428, 211288
1711.00, Zug, 681518, 224954
2196.00, Fribourg, 578490, 183823
2601.00, Solothurn, 606941, 228705
2939.00, Schaffhausen, 690283, 284700
3203.00, St.Gallen, 745966, 254421
3787.00, St.Moritz, 784102, 151669
3901.00, Chur, 759214, 191643
4001.00, Aarau, 646202, 249151
5002.00, Bellinzona, 722299, 117177
...
```

Abbildung 21 LTOP-Input Dateien: Dialog und benötigte und erzeugte Dateien



**Eingaben**

Distanzjahr.txt

Koordinationhaupt.txt

**Ausgaben:**

Distance\_jahr.mes

Koordination\_haupt.koo

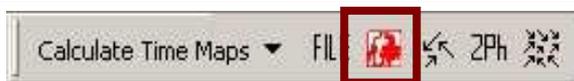
Jahr\_1.dat

## A.2 Berechnung mit LTOP



Diese Taste ruft LTOP auf. LTOP berechnet die neuen Zeit-Koordinaten der verwendeten Orte. Die Reisezeiten werden als Beobachtungen betrachtet mit einer Standardabweichung von 10 min gewichtet.

Abbildung 22 Berechnung mit LTOP: Dialog und benötigte und erzeugte Dateien



**Eingaben**

Jahr\_1.dat

**Ausgaben:**

Jahr\_1.res

### A.3 Linkfile berechnen



Aus dem LTOP Output können nun Verschiebungsvektoren generiert werden, welche die ursprünglichen Koordinaten mit den neuen Zeit- Koordinaten verbinden. Diese Vektoren werden im Linkfile-Format vom ArcMap gespeichert. Das Linkfile wird dazu benötigt, Transformationen verschiedener topographischer Daten in ArcMap zu erzeugen.

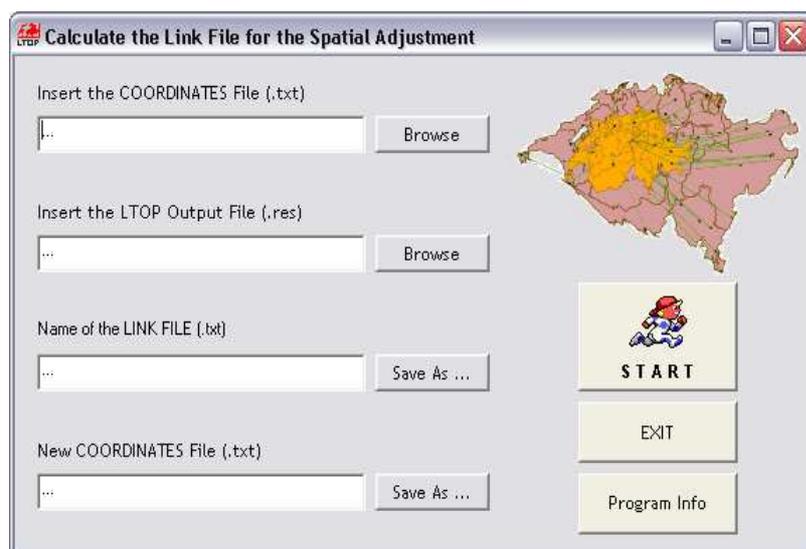
Abbildung 7 Linkfile berechnen: Dialog und benötigte und erzeugte Dateien



#### Eingaben

Koordination\_haupt.koo

Jahr\_1.res



#### Ausgaben:

Jahr\_1\_neue.txt

Link-file (Vektoren):

Jahr\_1.txt

### A.4. Ergänzung durch weitere Orte (Zweiter Schritt)



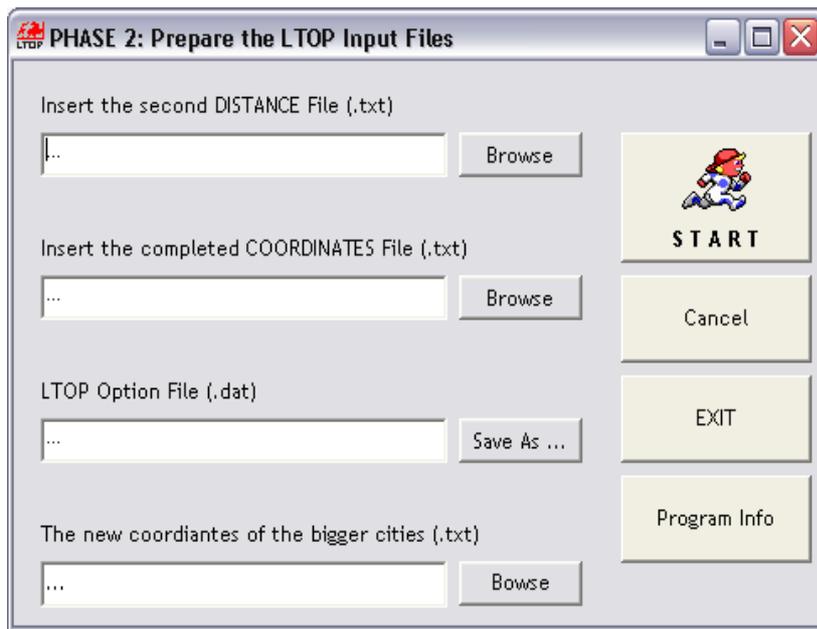
Anhand der neuen Koordinaten der wichtigsten Knotenpunkte, werden nach Bedarf die Koordinaten der anderen Ortschaften in einer zweiten LTOP-Ausgleichung berechnet. Zuerst werden die Eingabendaten für die LTOP-Berechnung vorbereitet und anschliessend das Linkfile berechnet.

Abbildung 24 LTOP-Input Dateien für Verdichtung mit weiteren Orten: Dialog und benötigte und erzeugte Dateien



**Eingaben**

- Distance\_Jahr2.txt
- Koordinaten\_tot.txt
- Jahr\_2.dat
- Jahr\_1\_neue.txt



**Ausgaben:**

- Distance\_Jahr2.mes
- Koordinaten\_tot.koo

Abbildung 25 Berechnung mit LTOP nach der Verdichtung mit weiteren Orten: Dialog und benötigte und erzeugte Dateien



**Eingaben**

- Jahr\_2.dat

**Ausgaben:**

- Jahr\_2.res

Abbildung 26 Linkfile berechnen nach Verdichtung mit weiteren Orten: Dialog und benötigte und erzeugte Dateien



**Eingaben**

Koordination\_tot.koo

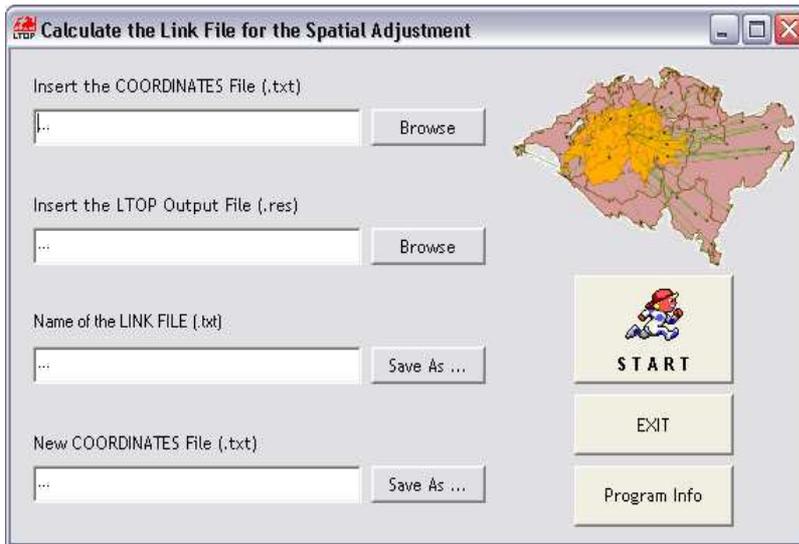
Jahr\_2.res

**Ausgaben:**

Jahr\_tot\_neue.txt

Link-file (Vektoren):

Jahr\_2.txt



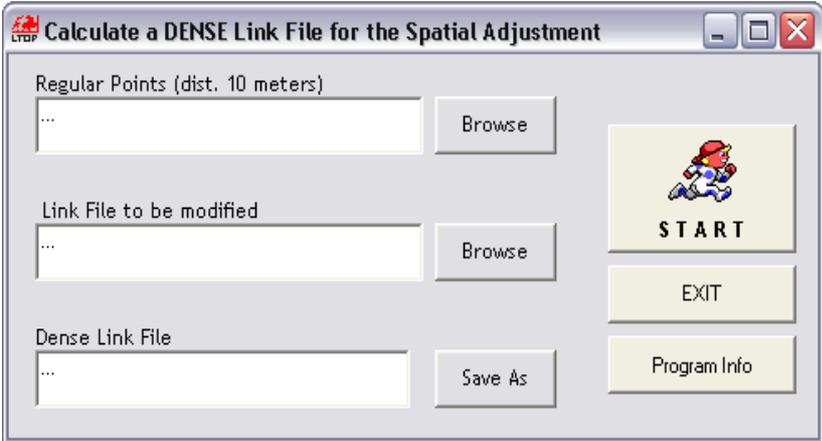
### A.5 Berechnung des dichteren Linkfiles



Diese Taste berechnet das dichtere Linkfile mit Hilfe der oben beschriebenen Transformation der Rasterpunkte in der Datei points\_ch.txt

Abbildung 27 Dichteres Linkfile berechnen: Dialog und benötigte und erzeugte Dateien

---

	<b>Eingaben</b>
	points_ch.txt
	Jahr_1.txt oder Jahr_2.txt
	<b>Ausgaben:</b>
	Jahr_2.res

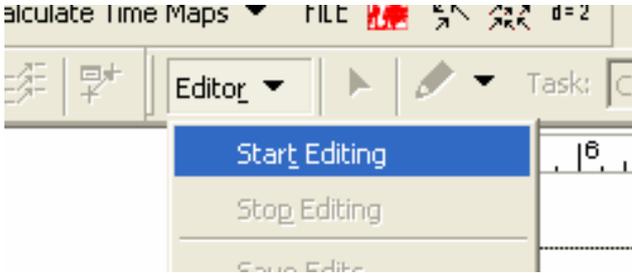
---

## A.6. Rubbersheet – Funktion in ArcMap

Als nächstes wird die Transformation der Karte mit der *Rubbersheet*-Funktion von ArcMap ausgelöst. Um in ArcMap die Daten modifizieren zu können (z.B. die Grenzen der Schweiz), muss die Funktion *Start Editing* beim *Editor* gestartet werden (siehe Abbildung 16).

Abbildung 28 Start editing Funktion in ArcMap

---


---

---

Nun kann mit der Transformation der Karte unter dem *Calculate Time Maps* Menu begonnen werden (siehe oben). In *Set Adjust Data* werden die zu verzerrenden Daten ausgewählt. Die Transformationsmethode wird im nächsten Schritt unter dem Befehl *Adjustment Methods* festgelegt. Beim Menübefehl Optionen soll für die *Rubbersheet*-Funktion zusätzlich die *Natural Neighbour* Methode gewählt werden. Um anschliessend die Kartenerstellung zu beginnen muss unter Links das gewünschte Linkfile, resp. Dense-Linkfile geöffnet werden. Die gewählte Transformation wird mit dem Befehl *Adjust* gestartet

Abbildung 29 Befehle für die Erstellung der Zeitkarte mit rubbersheet

