

Verkehrsgeschichte in digitaler Form : die Analyse regionaler Verkehrssysteme des 19. Jahrhunderts am Beispiel des Tessins

Autor(en): **Flury, Philipp**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialgeschichte
= Société Suisse d'Histoire Economique et Sociale**

Band (Jahr): **25 (2010)**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-871761>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Philipp Flury

Verkehrsgeschichte in digitaler Form

Die Analyse regionaler Verkehrssysteme des 19. Jahrhunderts am Beispiel des Tessins

Wer heutzutage die schnellste oder die kürzeste Verbindung zwischen einem Abgangs- und einem Zielort sucht, ist nicht mehr zwingend auf Kursbücher und Strassenkarten angewiesen. Weitaus rascher und bequemer sind die gewünschten Informationen fassbar, wenn die Abfrage über einen digitalen Fahrplan oder einen Routenplaner erfolgt.¹ Mit den Angaben zur benötigten Reisezeit, zur Distanz oder zum Fahrpreis wird gleichzeitig eine Aussage über die heutige Erreichbarkeit des Zielorts gemacht.

Unter dem Begriff «Erreichbarkeit» wird grundsätzlich das Mass für die Anbindung eines Orts an einen anderen verstanden. Sie hängt unter anderem von der Distanz, der Qualität und der Quantität der zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel und -wege, der Häufigkeit der Verkehrsbedienung und den Transportkosten ab.² Durch den Neu- oder Ausbau von Verkehrsinfrastrukturen oder durch die Veränderung des Verkehrsangebots wird auch die Erreichbarkeit von Standorten verändert. In einem 2007 abgeschlossenen Nationalfonds-Projekt wurden diese Veränderungen für die gesamte Schweiz und für den Zeitraum von 1750–1910 erfasst.³ Als Hilfsmittel diente ein Geografisches Informationssystem.

Geografische Informationssysteme in der historischen Forschung

Zahlreiche Informationen, die in der historischen Forschung verwendet werden, haben einen räumlichen Bezug. Im einfachsten Fall handelt es sich um die Lokalisierung von Objekten, die mithilfe entsprechender Kartenwerke relativ einfach vorgenommen werden kann. Komplexer werden die Darstellung und die Analyse solcher Informationen allerdings, wenn sich die räumliche Lage von Objekten im Lauf der Zeit verändert (z. B. Gewässerkorrekturen oder Grenzbereinigungen) oder wenn mehrere Informationen zueinander einen räumlichen Bezug haben (z. B. die Konzentration von im Transportgewerbe tätigen Personen in verkehrstechnisch

zentral gelegenen Orten). Dann werden in der Regel zusätzliche Hilfsmittel benötigt. In der Praxis weit verbreitet sind dafür Geografische Informationssysteme (GIS). Ein GIS stellt ein computerbasiertes System dar, das es ermöglicht, Objekte aus der realen Welt in Form von digitalen Geodaten und unterteilt in thematische Ebenen zu erfassen, zu verwalten, zu analysieren und digital oder in Form von gedruckten Karten darzustellen.⁴ Somit besteht ein GIS aus Hard- und Software, die zusammen mit den enthaltenen Informationen die folgenden Funktionen ausüben:

- Speichermedium: Raumdaten können am Bildschirm durch Digitalisieren erfasst oder aus anderen Datenquellen importiert und fast unbegrenzt gespeichert werden.
- Informationsmedium: Aus den gespeicherten Daten können Informationen abgefragt und Analysen erstellt werden.
- Kommunikationsmedium: Die Informationen oder die Analyseergebnisse können mittels grafischer Darstellung (Karten oder Diagramme) kommuniziert werden.

Die Ermittlung von Erschliessung und Erreichbarkeit in Raum und Zeit

Verkehrsinfrastrukturen bilden eine grundlegende Voraussetzung für die Erschliessung des Raums. Zwei unterschiedliche Sichtweisen bestimmen den Bau von Verkehrswegen: die Absicht, sämtliche Punkte, zwischen denen Verkehrsspannungen bestehen, auf dem kürzesten Weg miteinander zu verbinden, steht dem Streben nach minimalem Aufwand für den Bau und den Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen gegenüber. Für die *Erschliessung* besteht daher grundsätzlich ein Spannungsverhältnis zwischen weitverzweigten Verkehrswegen zur Verbindung von flächenhaft gestreuten Standorten und möglichst kurzen, die Zentren verbindenden Wegen.⁵ Eine Möglichkeit, den Grad der Erschliessung von Raumpunkten zu ermitteln, bieten die Überlegungen der Graphentheorie, eines Teilgebiets der Mathematik. Ein Graph besteht aus Knotenpunkten, die untereinander durch Kanten verbunden sein können. Ein Verkehrsnetz kann demnach abstrahiert als Graph dargestellt werden, indem die Verkehrswege als Kanten und die Kreuzungspunkte (oder andere auf den Kanten gelegene Objekte, wie beispielsweise Siedlungen) als Knoten definiert werden. Das GIS ermöglicht auf Grundlage der Graphen die Berechnung verschiedener Indizes. Dabei handelt es sich um Indikatoren, welche die Form sowie den Grad der Vollständigkeit von Netzwerken einerseits und die Lage einzelner Knoten im Graphen andererseits beschreiben. Mithilfe dieser Abstraktion können regionale Verkehrsnetze hinsichtlich ihrer Komplexität miteinander verglichen oder die Zentralität von Orten im Verkehrsnetz aufgrund ihrer Erschliessung ermittelt werden.

Im Gegensatz zur Erschliessung, die rein quantitativ gemessen wird, werden bei der Berechnung der *Erreichbarkeit* von Standorten auch qualitative Faktoren des Verkehrsnetzes berücksichtigt. Diese Faktoren müssen für den öffentlichen und den Individualverkehr unterschiedlich definiert werden. Für den öffentlichen Verkehr wird im Graphen-Modell für jede Kante ein «Erreichbarkeitswiderstand» ermittelt, der sich aus Angaben zur Anzahl täglicher Fahrten des Verkehrsmittels, zu den Fahrkosten und zur Fahrzeit zwischen den beiden an den Enden der Kante liegenden Knoten zusammensetzt. Die benötigten Informationen werden den offiziellen Fahrplänen entnommen.⁶ Für den strassengebundenen Individualverkehr wird als Erreichbarkeitswiderstand die Energie berechnet, die zur Beförderung einer gegebenen Last auf einem Strassenstück benötigt wird. Die Energie – und damit der Erreichbarkeitswiderstand – vergrössert sich, je länger die zurückzulegende Distanz ist. Jedoch bestimmt nicht allein die Distanz die Erreichbarkeit eines Orts. Entscheidend sind ebenso die Qualität der befahrenen Strasse (der Reibungswiderstand der Strassenoberfläche) und die topografischen Hindernisse (der Steigungswinkel der Strasse). Der Reibungswiderstand der Strassen kann für mehrere Zeitschnitte des 19. Jahrhunderts annäherungsweise anhand von historischen Reisebegleitern und Kartenwerken ermittelt werden.⁷ Für die Bestimmung der Neigungswinkel wird dagegen auf aktuelle Informationen in Form eines digitalen Höhenmodells zurückgegriffen.⁸ Dieses ermöglicht es, im GIS den Start- und den Endpunkten aller Strassensegmente die entsprechende Meereshöhe zuzuweisen, wobei die Genauigkeit des Modells umso grösser wird, je kürzer die Segmente gewählt werden. Die aus diesen Informationen berechnete Energie für den Transport einer Last zwischen zwei Standorten stellt einen einfachen Indikator für den Erreichbarkeitswiderstand dar.⁹ Unter Verwendung von Angaben zur Leistungsfähigkeit von Zugtieren gibt sie zudem Hinweise darauf, an welchen Stellen des Strassennetzes beispielsweise einem zweispännigen Fuhrwerk das Vorankommen nicht mehr möglich war; an solchen Orten wurde Vorspann benötigt.

Das GIS ermöglicht auf der Basis der Verkehrsnetze, die mit den beschriebenen Informationen zur Erreichbarkeit im öffentlichen und im Individualverkehr ergänzt wurden, vielfältige Netzwerkanalysen zu verschiedenen Zeitpunkten. Die Erreichbarkeitswiderstände können zwischen einer beliebigen Auswahl von Ausgangspunkten und einer ebenso beliebigen Auswahl von Zielpunkten summiert werden. Im Folgenden werden Ergebnisse aus der Netzwerkanalyse eines regionalen Verkehrsnetzes vorgestellt. Als Untersuchungsgebiet dient die Region Tessin.¹⁰ Sie repräsentiert einen Teilraum, der durch seine topografische Lage in den Südalpen erschwerte Bedingungen zur Bildung eines Verkehrsnetzes aufweist. Als Zeitschnitte wurden die Jahre 1800, 1870 und 1910 gewählt. 1800 bildet den Zustand in der Epoche vor dem Ausbau der alpenquerenden Transitstrassen und vor dem eigentlichen Bauboom im Netz der regionalen Hauptstrassen in den 1820er- bis 40er-Jahren ab.¹¹ Um 1870 war

Tab. 1: *Vergleich der topologischen Werte für die Verkehrsnetze der Region Tessin und des Kantons Zürich 1800–1910*

Jahr	1800		1870		1910	
Kanton	TI	ZH	TI	ZH	TI	ZH
Anzahl Knoten (V)	29	65	35	100	42	108
Anzahl Kanten (E)	29	90	39	181	69	237
β -Index (E/V)	1,00	1,39	1,11	1,81	1,64	2,19
γ -Index (Grad der Vollständigkeit)	36%	48%	39%	62%	58%	75%

das Eisenbahnnetz zwischen den grösseren Schweizer Städten gebaut; zusammen mit den Postkursen und den Dampfschiffen bildete sich somit ein aus verschiedenen Verkehrsträgern bestehendes Netz des öffentlichen Verkehrs. 1870 war zudem der erwähnte Strassenbauboom abgeschlossen.¹² Das Jahr 1910 schliesslich stellt einen Zeitpunkt am Ende der ersten grossen Eisenbahnbauperiode dar. Berücksichtigt sind die Hauptstrassen,¹³ sämtliche Eisenbahnen sowie die in den offiziellen Fahrplänen ausgewiesenen Schiffslinien.

Die Struktur des Verkehrsnetzes

Um die formale Charakteristik des Tessiner Verkehrsnetzes zu beschreiben, werden die folgenden Indikatoren gewählt: Anzahl Knoten, Anzahl Kanten, β -Index und γ -Index. Der β -Index ist das Verhältnis der Zahl der Kanten zur Zahl der Knoten. Je grösser der Wert, desto stärker verknüpft und höher entwickelt ist das Netz. Der γ -Index setzt die beobachtete Anzahl Kanten in Relation zur maximal möglichen Anzahl. Der maximale Wert von 1 würde demnach auf ein vollständig verknüpftes Netz hinweisen. Die Ergebnisse in Tab. 1 zeigen deutlich, dass sich das Verkehrsnetz der Region Tessin in seiner Form zwischen 1800 und 1870 nicht wesentlich entwickelte. Die geringen Werte des β - und des γ -Index verdeutlichen die baumartige Netzstruktur, die durch die Lage der Verkehrswege in den Tälern und die meist fehlenden Querverbindungen bedingt ist (Abb. 1). Erst mit der Eröffnung der Eisenbahnen ab 1872 wurde das Verkehrsnetz wesentlich verdichtet. Es blieb jedoch stets schwächer verknüpft als die Verkehrsnetze der meisten anderen Schweizer Regionen. Insbesondere schufen die Eisenbahnen keine neuen Verkehrskorridore, sondern sie folgten grundsätzlich den bereits bestehenden Hauptstrassenverbindungen. Daraus resultiert für 1910 ein Grad der Vollständigkeit (γ -Index) von

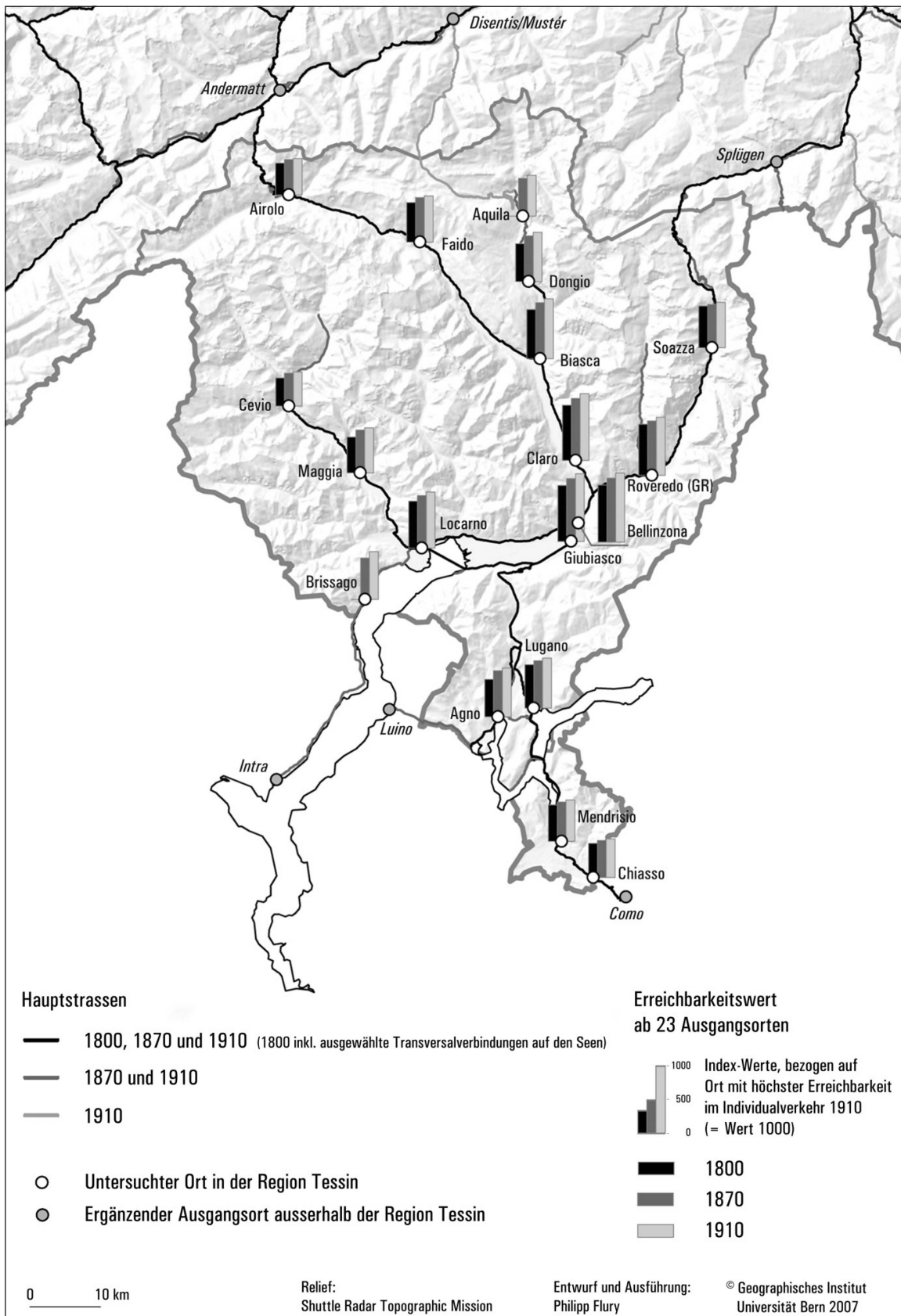


Abb. 1: Erreichbarkeit im Individualverkehr 1800–1910, dargestellt für ausgewählte Orte der Region Tessin.

lediglich 58%. Wesentlich höher liegt der entsprechende Wert zum Vergleich im Kanton Zürich (75%), wo die naturräumliche Lage ein dichteres Verkehrsnetz ermöglichte und bereits um 1870 ein Eisenbahn-Basisnetz vorhanden war.

Die Erreichbarkeit im Individualverkehr

Die Erreichbarkeit im Individualverkehr wird exemplarisch jeweils für die beiden bevölkerungsreichsten Gemeinden pro Bezirk für die Jahre 1870 und 1910 errechnet.¹⁴ Ausgangs- und Endpunkte der berechneten Routen sind die Verkehrsmittelpunkte der Gemeinden.¹⁵ Die Resultate sind für die Zeitschnitte 1800, 1870 und 1910 in Abb. 1 ersichtlich. Im Hinblick auf eine bessere Lesbarkeit werden die aus der Distanz, dem Reibungswiderstand der Strassenoberfläche und der Neigung der Strasse berechneten Fahrwiderstände invers und indexiert dargestellt, sodass derjenige Ort, der mit dem geringsten Widerstand zu erreichen war, den höchsten Wert erhält (für den Zeitschnitt 1910 den Wert 1000).

Auffallend ist die relativ geringfügige Verbesserung der Erreichbarkeit der meisten Orte. Sie beträgt zwischen 1800 und 1870 im Durchschnitt lediglich 11% bzw. zwischen 1870 und 1910 6%. Zum Vergleich: Im Kanton Zürich wird mit derselben Methode eine Zunahme der Erreichbarkeitswerte der untersuchten Orte von durchschnittlich 39% (1800–1870) bzw. 11% (1870–1910) ermittelt. Dies ist darin begründet, dass sich der Ausbau des Strassennetzes in der Region Tessin nicht auf neue Streckenführungen, sondern primär auf die Verbesserung der Strassenqualität konzentrierte. Somit waren die Verbindungen zwischen den untersuchten Orten 1870 und 1910 nicht kürzer, sondern höchstens mit weniger Reibungswiderstand befahrbar als zum jeweils vorangehenden Zeitpunkt. Dies wiederum machte einen geringeren Kraft- und Energieaufwand nötig.¹⁶

Die Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln

Analog zum Individualverkehr wird für die ausgewählten Orte der Region Tessin die Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln berechnet. Da um 1800 ein öffentliches Verkehrsnetz im eigentlichen Sinn noch nicht existierte, werden nur die Zeitschnitte 1870 und 1910 berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 dargestellt. Mit dem Ausbau des Angebots der fahrplanmässigen Schifffahrt sowie der Einführung der Eisenbahn, die sich in der Region Tessin 1910 noch auf die Gotthardbahn sowie wenige Nebenlinien beschränkte, wurden die Erreichbarkeitswerte der meisten untersuchten Orte um rund 90% erhöht. Die grössten Differenzen gegenüber 1870 sind bei den peripher gelegenen Orten festzustellen. Als anschauliches Beispiel dient Airolo.

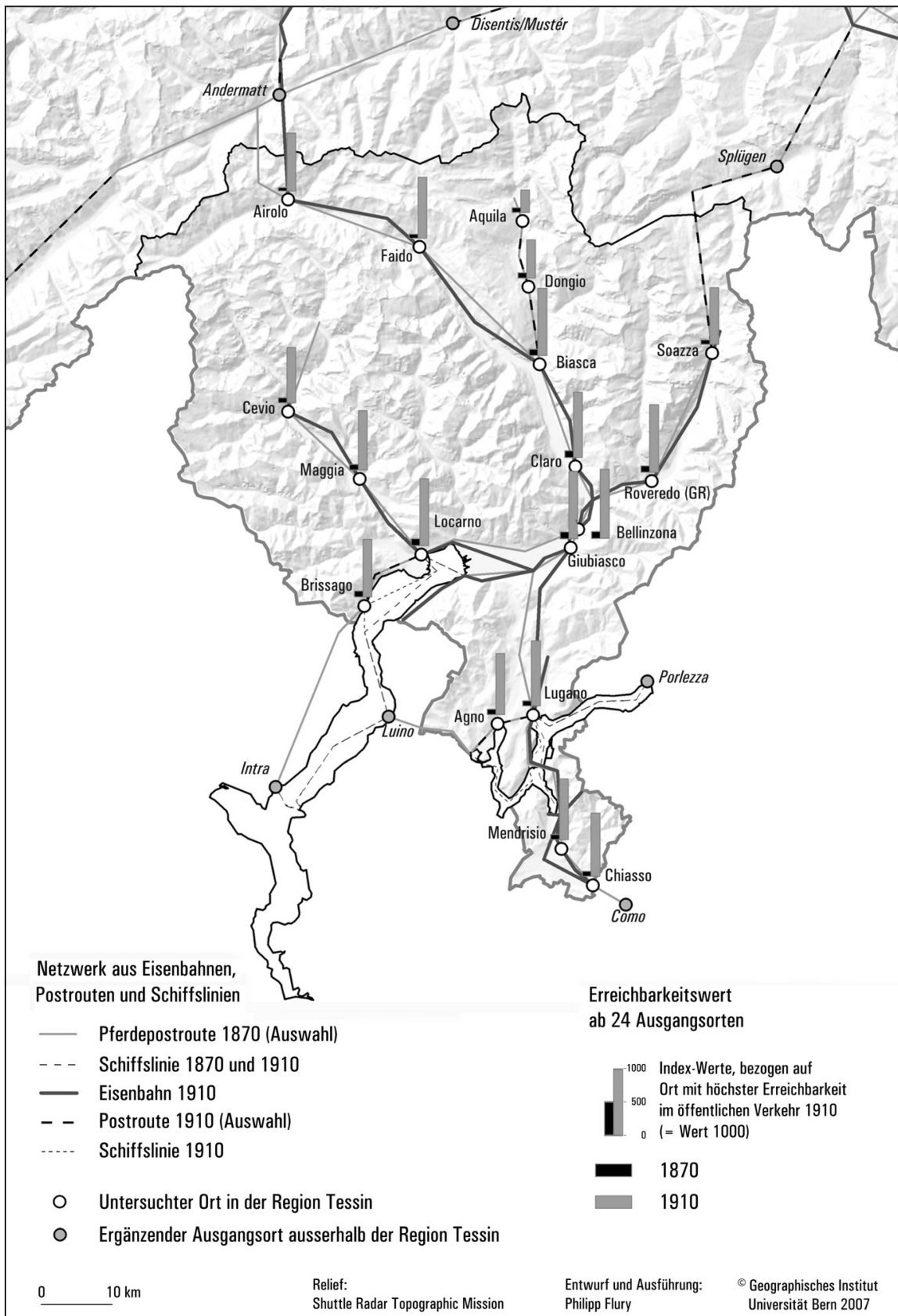


Abb. 2: Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln 1870 und 1910, dargestellt für ausgewählte Orte der Region Tessin.

Die Gemeinde wurde 1910 von Bellinzona aus mit zwölf täglichen Zugverbindungen bedient, wovon die schnellste 1 Stunde und 28 Minuten beanspruchte. 1870 hatten zwischen den beiden Orten lediglich zwei Postkurse mit jeweils 7 Stunden und 15 Minuten Fahrzeit bestanden. Bedeutend geringer fällt der Unterschied dagegen in den Gemeinden aus, die auch um 1910 noch ausschliesslich durch Postkutschen ins öffentliche Verkehrsnetz eingebunden waren (Aquila und Dongio im Bleniotal). Jedoch musste das Fehlen eines Eisenbahnanschlusses nicht zwingend eine geringe Erreichbarkeit mit sich bringen. So befand sich Agno bezüglich der Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln um 1910 im Mittelfeld der Tessiner Orte, obwohl es nicht direkt ans Bahnnetz angeschlossen war. Jedoch war die Gemeinde durch eine der ersten Postautoverbindungen der Schweiz an Lugano angebunden.

Der Zusammenhang zwischen Erreichbarkeit und Raumstrukturen

Wenn die Frage beantwortet werden soll, ob in der historischen Dimension ein Zusammenhang zwischen der Verkehrserschliessung bzw. der Erreichbarkeit von Teilräumen und deren struktureller Entwicklung besteht, stösst man unweigerlich auf methodische Probleme. Diese können in vier Punkten zusammengefasst werden:

- Die Definition der Begriffe «Erschliessung» und «Erreichbarkeit» und damit verbunden die Methodik der Datenerhebung: jeder gewonnene Wert wird bestimmt durch die Indikatoren, die für die Messung der Erschliessung und der Erreichbarkeit verwendet worden sind.
- Der räumliche Bezugsrahmen: da die Erschliessung und die Erreichbarkeit immer einen räumlichen Bezug aufweisen, sind sie von der Wahl des Untersuchungsgebiets abhängig.
- Der zeitliche Bezugsrahmen: die Anzahl der untersuchten Zustände bestimmt die zeitliche Auflösung des Modells.
- Die Methodik zur Messung des Wirkungszusammenhangs von Erschliessung bzw. Erreichbarkeit und regionaler struktureller Entwicklung: die Wahl der Indikatoren und der statistischen Methode beeinflusst das Ergebnis der Messung.

Unter Berücksichtigung dieser vier Punkte wird für die angeführten Orte der Region Tessin exemplarisch der Zusammenhang zwischen der Erreichbarkeit im öffentlichen und im Individualverkehr und der Bevölkerungszahl zu ermitteln versucht. Die Erreichbarkeit wird gemäss der eingangs beschriebenen Methodik gemessen. Der räumliche Bezugsrahmen besteht aus den 18 ausgewählten Gemeinden der Region Tessin und den sieben ergänzenden Orten ausserhalb der Untersuchungsregion, zeitlich werden die Zustände um 1800, 1870 und 1910 berücksichtigt. Als statistische Methode schliesslich wird die Berechnung des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten gewählt.¹⁷ Dabei ergeben sich die in Tab. 2 dargestellten Resultate.

Tab. 2: *Korrelationskoeffizienten als Masszahl des Zusammenhangs zwischen der Erreichbarkeit von ausgewählten Orten der Region Tessin und deren Bevölkerungszahl (Wert 0 = kein Zusammenhang, Wert 1 = vollständiger positiver Zusammenhang)*

Erreichbarkeit	Bevölkerungs- zahl 1800	Bevölkerungs- zahl 1870	Bevölkerungs- zahl 1910
Individualverkehr 1800	0,12	0,32	0,35
Individualverkehr 1870	–	0,31	0,33
Individualverkehr 1910	–	-	0,37
Öffentlicher Verkehr 1870	–	0,31	0,29
Öffentlicher Verkehr 1910	–	–	*0,64

* Signifikanter Korrelationskoeffizient.

Die Erreichbarkeitswerte des Individualverkehrs sind zu keinem Zeitpunkt mit der Bevölkerungszahl der Gemeinden signifikant korreliert. Orte mit grosser Bevölkerungszahl waren demnach in der Region Tessin nicht grundsätzlich besser über die Strasse erreichbar als solche mit geringer Einwohnerzahl. Dagegen kann für den Zeitschnitt 1910 ein Zusammenhang festgestellt werden zwischen der Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln und der Bevölkerungszahl, nicht jedoch für 1870. Folglich waren die Städte und die grösseren Gemeinden erst durch den Eisenbahnbau signifikant besser mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar als die kleineren Orte (Abb. 2). Für die Zeit, als das öffentliche Transportsystem des Tessins noch ausschliesslich aus Postkutschen- und Dampfschiffkursen bestand, kann ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen werden.

Fazit

In diesem Beitrag wird aufgezeigt, wie ein Geografisches Informationssystem im Bereich der Verkehrsgeschichte eingesetzt werden kann. Obwohl – oder gerade weil – fast beliebig viele Informationen aus unterschiedlichsten Themenbereichen (Datensätze zu Naturraum, Verkehr, sozioökonomischer Raumstruktur und so weiter) ins System integriert werden können und die Analysemöglichkeiten mit diesen Daten äusserst vielfältig sind, sollte ein Aspekt besonders berücksichtigt werden: ein GIS stellt in jedem Fall nur ein Modell dar und ist daher als starke Vereinfachung der Realität zu betrachten. Dennoch eröffnet es zahlreiche Mög-

lichkeiten, neben der reinen Speicherfunktion auch komplexe räumliche Sachverhalte zu analysieren und darzustellen. Besonders hervorzuheben ist die Flexibilität bezüglich der räumlichen und zeitlichen Untersuchungsanlage.

Geografische Informationssysteme sind in der historischen Verkehrsforschung noch wenig verbreitet. Vielleicht werden sie hier aber in Zukunft ebenso selbstverständlich sein, wie dies bereits heute in anderen Wissenschaftsbereichen mit historischem Bezug der Fall ist – Kulturlandschaftsforschung und Archäologie sind nur zwei von vielen Beispielen.

Anmerkungen

- 1 Beispielsweise unter www.sbb.ch für Verbindungen mit den öffentlichen Verkehrsmitteln oder www.ch.map24.com für den strassengebundenen Individualverkehr.
- 2 Vgl. dazu Artikel «Erreichbarkeit» in Leser Hartmut (Hg.) *Wörterbuch Allgemeine Geographie*, München 1997, S. 184 f.
- 3 Nationalfonds-Projekt *GIS-Dufour*, Geographisches Institut und ViaStoria, Universität Bern. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer Dissertation, die im Rahmen des Projekts *GIS-Dufour* erarbeitet wurde. Vgl. Flury Philipp, *Verkehr und Raumentwicklung zwischen Kunststrassen- und Eisenbahnbau. Eine digitale Analyse von Erreichbarkeiten und Raumstrukturen in der Schweiz des 19. Jahrhunderts* (Geographica Bernensia G 83), Bern 2009.
- 4 Vgl. Treier Raymond, Treuthardt Bieri Carmen, Wüthrich Michael, *Geografische Informationssysteme (GIS)*, Bern 2006, S. 11 ff.
- 5 Vgl. Voppel Götz, *Verkehrsgeographie* (Erträge der Forschung 135), Darmstadt 1980, S. 31 ff.
- 6 Für die in diesem Artikel erwähnten Zeitschnitte 1870 und 1910 wurden die folgenden Ausgaben berücksichtigt: *Reisebegleiter für die Schweiz. Fahrtenplan der Schweizer Eisenbahnen, Posten und Dampfboote. Sommer-Saison 1870*; grafischer Fahrplan *Sommerfahrt-Ordnung 1870* (Archiv PTT); Generaldirektion SBB (Hg.), *Offizielles Schweizerisches Kursbuch*, Bern 1910.
- 7 Für den Zeitschnitt 1800 wurden die Informationen zur Strassenqualität entnommen aus: Lutz Markus, «Neuer und vollständiger Wegweiser durch die ganze Schweizerische Eidgenossenschaft und die benachbarten Länder», Anhang zu: Lutz Markus, *Vollständige Beschreibung des Schweizerlandes. Oder geographisch-statistisches Hand-Lexikon über alle in gesammter Eidgnossenschaft befindlichen Kantone [...]*, Aarau 1828. Für 1870 und 1910 dienten die Signaturen der jeweiligen Ausgabe der *Topographischen Karte der Schweiz* («Dufourkarte») als Richtlinie. Berücksichtigt wurden ebenfalls die in weiteren Quellen erwähnten Strassenausbauten. Vgl. Schiedt Hans-Ulrich, *GIS-Dufour: Linien – Quellen, Definitionen, Bemerkungen zu GeoWorkspace und Datenbank*, Manuskript, Bern 2007 (SNF-Projekt *GIS-Dufour*).
- 8 Anders als bei der Strassenqualität ist zur Ermittlung der Neigungswinkel der Informationsbezug aus einem aktuellen digitalen Datensatz (Höhenmodell) zulässig, da die topografische Struktur der Schweiz als konstant angenommen werden kann.
- 9 Energie = Kraft × Strecke. Die Kraft ihrerseits wird aus dem Neigungswinkel und dem Reibungswiderstand der Strassenoberfläche errechnet. Da bei gleichem Neigungswinkel die benötigte Kraft für die Bergfahrt grösser ist als für die Talfahrt, wurde in der im Folgenden gezeigten Untersuchung für jedes Strassensegment ein mittlerer Kraftaufwand für die Berg- und die Talfahrt ermittelt.
- 10 Die Region Tessin umfasst in dieser Studie ebenfalls den zum Kanton Graubünden gehörenden Bezirk Moesa, der topografisch und kulturell zum Kanton Tessin ausgerichtet ist.
- 11 Vgl. Schiedt Hans-Ulrich, «Chausseen und Kunststrassen: Der Bau der Hauptstrassen zwischen 1740 und 1910», *Schweizerische Zeitschrift für Geschichte* 1 (2006), S. 13–21.
- 12 Vgl. Schiedt (wie Anm. 11).

- 13 Im SNF-Projekt *GIS-Dufour* wurden Strassen der höchsten Kategorie der Dufourkarte sowie die Hauptstrassen gemäss der Klassifizierung in den kantonalen Strassengesetzen aufgenommen. Vgl. Schiedt (wie Anm. 7).
- 14 Das methodische Problem, dass Orte mit geografischer Randlage automatisch schlechtere Erreichbarkeitswerte erhalten als solche im Zentrum der Region, wurde entschärft, indem die an den Hauptstrassen ausserhalb des Untersuchungsgebiets liegenden Verkehrsknotenpunkte zusätzlich als Ausgangsorte berücksichtigt wurden.
- 15 In der Regel handelte es sich dabei um die zentralste Strassenkreuzung in der grössten Siedlungseinheit der Gemeinde oder, falls keine Kreuzung vorhanden war, um den dem Zentrum der Siedlungseinheit am nächsten liegenden Punkt auf der durchquerenden Strasse.
- 16 Dies wird bestätigt, wenn die in Tab. 1 dargestellten topologischen Werte nur für das Strassennetz berechnet werden: in der Region Tessin blieben sowohl der β -Index als auch der γ -Index zwischen 1800 und 1910 konstant (β -Index: 1; γ -Index: 36%); es ist demnach keine Zunahme des Verknüpfungsgrads im Strassennetz feststellbar.
- 17 Hierbei werden nicht die absoluten Werte der Erreichbarkeit und der Bevölkerung zueinander in Beziehung gesetzt, sondern die Rangplätze der untersuchten Orte hinsichtlich Erreichbarkeit und Bevölkerungszahl.

