

WERNER RUTZ

Erreichdauer und Erreichbarkeit als Hilfwerte verkehrsbezogener Raumanalyse

I.

In raumbezogener Fragestellung ist der Verkehr mit seinen Anlagen, seinen Abläufen und seinen Folgewirkungen Teil der Ausstattung der Kulturlandschaften (auf die Struktur gerichtete, formale Betrachtung); er ist aber gleichzeitig Träger derjenigen Beziehungen, durch die die Räume untereinander verknüpft sind (auf die Beziehungen gerichtete, funktionale Betrachtung). Struktur und Funktion im Raum sind einander bedingende, voneinander abhängige Kategorien (*Otremba* 1959). Sowohl unter formalen als auch unter funktionalen Gesichtspunkten nimmt daher der Verkehr in der analytischen Erklärung der Kulturlandschaften einen wichtigen Platz ein.

Zwei Erscheinungsformen des Verkehrs sind es, die in ihren räumlich differenzierten Eigenschaften und in ihren räumlich differenzierenden Wirkungen analysiert werden sollen: erstens die Verkehrswege und -wegenetze, zweitens der auf diesen Verkehrswegen ablaufende Verkehr. Dieser zweite, auf die Verkehrsbewegungen gerichtete Fall erfordert immer eine dynamische Betrachtungsweise im Gegensatz zum ersten, der mit einer statischen Betrachtung auskommen kann. Die Dynamik ist dadurch gegeben, daß bei der Betrachtung von Verkehrsabläufen neben dem Raum eine zweite für den Verkehr bestimmende Kategorie, die Zeit, berücksichtigt werden muß. Raum und Zeit stehen dabei in einer engen Interdependenz, denn die (Zeit-) Dauer einer Verkehrsbewegung ist ja unmittelbar von der zurückgelegten Entfernung, also von einer Grundkategorie des Raumes, abhängig.

Neben der Dauer der Verkehrsbewegung als qualitativem Merkmal – nach der Sicherheit das zweitwichtigste – erfordert die räumlich-funktionale Fragestellung meist auch die Berücksichtigung der Verkehrsmengen, also quantitativer Merkmale. Die Verkehrsmenge kann entweder von der Angebotsseite her erfaßt werden, etwa durch Anzahl der Fahrten, Kurse oder Flüge, durch Platz-, Bruttoladerraum- oder Nettoladerraumangebot, oder von der Inanspruchnahme her, etwa durch Beförderungsfälle, Ladegewichte usw.

Die im folgenden näher zu definierenden Begriffe Erreichdauer und Erreichbarkeit sollen das qualitative Merk-

mal „Zeitdauer“ mit dem quantitativen Merkmal „Anzahl der Fahrten je Zeiteinheit“, das ist die Verkehrshäufigkeit, verbinden. Diese Werte sollen dann benutzt werden, um Raumfunktionen und -strukturen zu verdeutlichen.

II.

Die Zeitdauer einer Verkehrsbewegung ist nicht allein von der Entfernung, sondern zweitens von der Geschwindigkeit abhängig, mit der die Bewegung ausgeführt wird. Damit wird die Entfernung relativiert. Dieses relative Maß „Geschwindigkeit“ (relative Reisedauer), das dem Verkehr als Eigenschaft anhaftet, kann, räumlich gesehen, als Indikator für die Art und Intensität der Beziehungen zwischen den verbundenen Punkten gewertet werden; dabei muß jedoch festgehalten werden, daß dieser Indikator oft recht mangelhaft ist, weil viele Ursachen – nicht allein die Intensität der Raumbeziehungen – auf die Geschwindigkeit des Verkehrs einwirken. Dennoch darf für den genannten Zusammenhang die neu gebaute Tokaido-Schnellbahn als gutes Beispiel gelten; sie fand daher schon kurz nach ihrer Eröffnung im Jahre 1964 auch auf geographischer Seite Beachtung (*Schöller* 1965). Die Züge dieser Schnellbahn verbinden mit einer Reisegeschwindigkeit von 200 km/h die japanischen Großstädte Tokyo, Yokohama, Nagoya, Kyoto und Osaka miteinander; ihre hohe Geschwindigkeit wird mit Recht als Ausdruck der Intensität wirtschaftlich-sozialer Beziehungen zwischen den großen Ballungsräumen des japanischen Inselreiches gewertet.

Die Geschwindigkeit fand aber ebenso als Element der Reisedauer (neben der Entfernung) seitens der Geographie Beachtung. Reisedauer wird räumlich mit Hilfe von Isochronen sichtbar gemacht. In den verkehrsbezogenen Raumanalysen vieler Geographen wird der Verlauf der Isochronen sowohl aus den Anlageverhältnissen der Verkehrswege als auch aus der unterschiedlichen Geschwindigkeit der Verkehrsbewegung auf den vorhandenen Verkehrswegen erklärt. Nach den ersten Ansätzen, die von *Galton* (1881) ausgingen, wurden diese Gedanken immer wieder aufgegriffen, um aus dem Verkehrsgeschehen räumliche Struk-

turen ableiten zu können. Die lange Reihe der Forscher kann hier nicht aufgezählt, ihre Arbeiten können nicht eingehend erläutert werden¹.

Die Geschwindigkeit ist aber nun ein sehr unvollkommener Ausdruck für die Intensität der Beziehungen zwischen zwei Räumen. Wenn zwei wirtschaftlich und gesellschaftlich voneinander unabhängige Städte – etwa über eine Staatsgrenze hinweg – mit einem nur einmal täglich verkehrenden Blitzzugpaar oder Flugkurs verbunden sind, dann ist zwar die absolute und relative Reisedauer (Reisegeschwindigkeit) zwischen ihnen gering, das daraus zu erschießende Bild einer engen Verflechtung wäre aber falsch. Wären die Beziehungen zueinander eng, dann gäbe es zwischen diesen Städten nicht nur eine schnelle Verbindung, sondern viele den Tag über verteilte Reisegelegenheiten. Für den Aussagewert der Verkehrsverbindungen über räumliche Zusammenhänge ist also neben der Geschwindigkeit ihre *Häufigkeit* – das ist die Anzahl der Fahrten je Zeiteinheit – zu beachten. Diese Häufigkeit ist für die raumbezogene Fragestellung der Geographie in den meisten Fällen sogar sehr viel entscheidender als die vordergründigere und daher meist stärker beachtete Geschwindigkeit; eine Tatsache, auf die schon *Riedel* (1911a, S. 31 f.; 1911b, S. 282), *Burckhardt* (1934, S. 9), *Zimpel* (1958, S. 270) u. a. hingewiesen haben.

Für das Integral beider Größen – Geschwindigkeit und Häufigkeit – hatte *Hassinger* schon 1910 (S. 48 ff.) den Ausdruck *Erreichbarkeit* vorgeschlagen. Die in diesem Sinne gemeinte Erreichbarkeit von Räumen ist ein Ausdruck ihrer wirtschaftlichen und sozialen Verknüpfung; deshalb schlug *Hassinger* die Ein-Stunden-Isochrone der Erreichbarkeit zur äußeren Abgrenzung von Großstadtbereichen vor. Im Schrifttum der folgenden Jahrzehnte wurde dann Erreichbarkeit im Sinne von Reisedauer verwendet; damit wich man wieder vollends von der Idee *Hassingers* ab. Jedoch ist auch *Hassingers* Begriffsfassung unbefriedigend, weil er absolute und relative Werte noch nicht unterschied; hier schärfer zu definieren soll im folgenden versucht werden.

Das, was *Hassinger* berechnete, ist ein um einen Wartefaktor verlängerter Reisedauerwert, also ein Wert, der sich in Stunden und Minuten ausdrücken läßt. Diese Größe, die sich unmittelbar auf den Zeitablauf bezieht, wird im folgenden als *Erreichtdauer* bezeichnet (bei *Hassinger*: „Erreichbarkeit“); es ist der um einen Wartefaktor modifizierte Pendantwert zur Reisedauer. Beide Werte werden um so größer, je ferner ein Ziel liegt. So wie Geschwindigkeit *V* (gemessen in km/h) der Quotient aus Streckenlänge *L* und Reisedauer *R* ist ($V = L : R$), so bietet es sich an, das Wort Erreichbarkeit V_E für den entsprechenden Quotienten aus Streckenlänge *L* und Erreichtdauer *E* ($V_E = L : E$) zu wählen und Erreichbarkeit ebenfalls in km/h auszudrücken. Damit wird, dem Wortgehalt entsprechend, die „Erreichbarkeit“ um so kleiner, je zeitraubender ein Ziel erreicht werden kann. Daß dieser so definierte Erreichbarkeitswert hervorragend in der Lage ist, räumliche Verknüpfungen

und Beziehungen auszudrücken, wird weiter unten zu zeigen sein.

Als *Hassinger* 1910 den Begriff „Erreichbarkeit“ einführte, hatte unabhängig von ihm *Riedel* (1911, a und b) in einer von *Josef Partsch* angeregten Dissertation „Isochronen des Gesamtverkehrs“ definiert und für den Mittelpunkt Leipzig konstruiert, die genau die Erreichbarkeit im Sinne von *Hassinger*, besser gesagt, die Erreichtdauer darstellten. *Riedels* Ergebnis fand zwar starke Beachtung (*Heiderich* 1912, S. 22; *Eckert* 1925, S. 213 f.; *Hassert* 1931, S. 81 ff.), seine Zusammenfassung von Fahrtdauer und Fahrthäufigkeit in einem Wert ließ man jedoch allein für den Nahverkehr gelten; auf die gegen eine Anwendung für den Fernverkehr vorgebrachten Einwände wird weiter unten noch zurückzukommen sein. *Riedels* Verfahren fand aber auch im Nahverkehrsbereich keine spätere Verwendung. Hauptgrund dafür ist der notwendige komplizierte Berechnungsweg. Dieser hat z. B. noch *Zimpel* (1958) veranlaßt, für die Zwecke einer Verkehrsraumgliederung Bayerns auf das Verfahren von *Riedel* zu verzichten; es hätte einen zu großen Kursbuchlese- und Rechenaufwand erfordert.

Ist nun der Ableseaufwand im Kursbuch infolge der größeren Fahrtenhäufigkeit heute eher größer als früher, so läßt sich die in der Tat sehr umfangreiche Rechenarbeit für die Konstruktion der Isochronen der Erreichtdauer durch elektronische Datenverarbeitungsanlagen erledigen. Diese operationale Erleichterung gestattet es, an eine in der Gegenwart wieder stärkere Verwendung von Daten zur Erreichtdauer und Erreichbarkeit zu denken und sie nach dem von *Riedel* (1911, a und b) abgeleiteten, exakten Verfahren zu errechnen. Nach der folgenden Darstellung des Berechnungsweges sollen daher die Anwendungsmöglichkeiten dieser Werte in einer verkehrsbezogenen Raumanalyse erläutert werden.

III.

Eine einzelne Verkehrsbewegung ist nach Raum und Zeit meßbar; sie verläuft z. B. über 300 km (Köln-Hannover) und dauert 2½ Stunden (Reisedauer *R*)². Durch die Division von Streckenlänge (*L* in km) durch Zeit (*R* in h) ergibt sich ein exakter Wert für das relative Maß „Geschwindigkeit“ (V_R):

$$(1) \quad V_R = \frac{L}{R}$$

In vorstehendem Beispiel ist $V_R = 120$ km/h. Wie ist nun für eine auf einen längeren Zeitraum gerichtete Betrachtung die Häufigkeit der Fahrten (Anzahl *n* der Fahrten je Zeiteinheit) in die Rechnung einzubeziehen?

Um zunächst diese Zeiteinheit zu bestimmen, muß nach dem Rhythmus des Verkehrsablaufes gefragt werden. Für die große Mehrzahl aller Verkehrsverbindungen ist das der Tag; das gilt dank der Flugtechnik mit Strahltriebwerken auch im interkontinentalen Verkehr. Für diese Mehrzahl der vorkommenden Verkehrsabläufe darf also die Häufigkeit auf die Zeiteinheit Tag bezogen werden.

¹ Von der kartographischen Fragestellung ausgehend, hat jüngst *K. H. Meine* (1967) alle Bearbeiter von Isochronenkarten genannt (S. 116–119).

² F 141 „Wilhelm Busch“ (Sommerfahrplan 1970).

Es sind nun zwei Fragen zu klären: Wieviel Kurse gibt es in einer Verbindung je Tag? Wie verteilen sich die Kurse über die 24 Stunden des Tages? Die Antwort auf die erste Frage führt zunächst zu einem wichtigen Zwischenergebnis: Aus der Anzahl n der Kurse je Tag und deren jeweiliger Reisedauer R kann eine „mittlere Reisedauer“ R_m nach der Formel

$$(2) \quad R_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_i$$

gebildet werden. Daraus hinwiederum läßt sich eine mittlere Reisegeschwindigkeit V_{R_m} für die betreffende Verbindung ableiten:

$$(3) \quad V_{R_m} = \frac{L}{R_m}$$

Mittlere Reisedauer R_m und mittlere Reisegeschwindigkeit V_{R_m} sagen über eine Verkehrsverbindung schon wesentlich mehr aus als die entsprechenden Optimalwerte: Reisedauer des schnellsten Kurses $R_{\min}$ und Reisegeschwindigkeit des schnellsten Kurses $V_{\max}$. Das gilt allerdings nur, wenn im Tagesverlauf mehrere Reisemöglichkeiten mit jeweils ähnlich langer Reisedauer angeboten werden. Da das im Fernverkehr und im Nebenbahnnetz früher, d. h. vor und auch nach dem Ersten Weltkrieg, nicht in dem Maße der Fall war wie heute, ist es nicht erstaunlich, daß sich die alten Bearbeiter von Isochronen-Karten durchweg auf kürzeste Reisezeiten, wenn nicht gar auf kürzeste Fahrzeiten (ohne Einberechnung der Umsteigezeiten) stützten. Natürlich ließ man sich auch von dem Wunsch leiten, den technischen Fortschritt darzustellen, der eben viel besser durch kürzeste als durch mittlere Reisezeiten ausgedrückt werden konnte. Allein für die infolge ihrer Naturabhängigkeit stark differierenden Reisezeiten der Segelschiffahrt entwarfen *Schott* (1895) und *Paulus* (1907) Isochronen auf der Grundlage von Mittelwerten.

Mit der mittleren Reisedauer R_m ist noch keine Aussage über die Anzahl n der Kurse je Tag und damit über die Häufigkeit der Verkehrsbedienung gemacht; n kann zwischen 1 und maximal 240 (bei einer fünfminütigen Folge der Verkehrsbedienung über 20 Stunden hinweg) liegen. Soll die Anzahl n der Kurse je Tag in die Rechnung einbezogen werden, so ist von der Dauer auszugehen, die zwischen je zwei Kursen liegt. Diese Wartedauer W zwischen je zwei Abfahrtszeitpunkten t_i und t_{i+1} ist in der Regel im Laufe des Tages unterschiedlich lang; nur bei einem über 24 Stunden durchlaufenden Taktfahrplan ist ein W gleich dem anderen. Zur Reisedauer R jedes einzelnen Kurses gehört eine davor geschaltete Wartedauer $W (= t_{i+1} - t_i)$. Die Gesamtzeit zwischen zwei Abfahrten t_i, t_{i+1} , ist jedoch ein oberer Grenzwert. Im zeitlichen Ablauf verringert sich die Wartedauer bis zum Augenblick der Abfahrt auf den Wert 0. Um aus Wartedauer W und Reisedauer R eine Erreichdauer E zu bilden, muß von einer mittleren Wartedauer ausgegangen werden; diese beträgt

$$\frac{t_{i+1} - t_i}{2}$$

Als Erreichdauer wird daher definiert

$$(4) \quad E = \frac{t_{i+1} - t_i}{2} + R$$

Diese Erreichdauer – aus der halben Wartedauer auf einen einzelnen Kurs und dessen Reisedauer gebildet – gilt als Mittelwert für einen beschränkten Abschnitt des Tages.

Allein wenn innerhalb des Tages nur ein einziger Kurs stattfände, allein in diesem Falle wäre der errechnete Wert repräsentativ für die betreffende Verbindung, $t_{i+1} - t_i$ wäre dann die vollen 24 Stunden, $\frac{t_{i+1} - t_i}{2}$ also 12 Stunden. Das

oben gewählte Beispiel zugrunde gelegt, ergäbe sich folgendes: Bei nur einem Fernschnellzug zwischen Köln und Hannover betrüge die Erreichdauer E zwischen beiden Städten $24 : 2 + 2\frac{1}{2}$ Stunden, also $14\frac{1}{2}$ Stunden.

Wie sich aus der Reisedauer R die Reisegeschwindigkeit V_R ableiten läßt, so kann auch die Erreichdauer E ins Verhältnis zur Entfernung oder Streckenlänge L gesetzt werden; das Ergebnis ist die Erreichbarkeit V_E , ausgedrückt in km/h:

$$(5) \quad V_E = \frac{L}{E}$$

Für das oben gewählte Beispiel wären die 300 km zwischen Köln und Hannover durch 14,5 h zu teilen. Die Erreichbarkeit V_E dieser beiden Orte untereinander betrüge bei nur einer schnellen Verbindung je Tag ($V_R = 120$ km/h) dennoch nur 20,7 km/h. Die Erreichbarkeit V_E wird zu einem Ausdruck, der angibt, welche Fortbewegung je Zeiteinheit erreicht wird, wenn versucht werden würde, die im zeitlichen Ablauf als konstant angenommene Verkehrsnachfrage jeweils im Augenblick ihres Entstehens zu realisieren.

In der Regel der meisten Verkehrsabläufe gibt es aber je Tag mehrere Kurse; die Wartedauer W zwischen zwei Abfahrten t_i, t_{i+1} umfaßt daher jeweils nur einen Bruchteil des Tages. Es gibt im Tagesablauf mehrere sehr unterschiedlich lange Wartedauern W , deren Summe 24 Stunden oder 3 600 Minuten beträgt. Damit werden auch die Erreichdauern E sehr unterschiedlich lang. Soll in diesen Fällen eine mittlere Erreichdauer E_m errechnet werden, so kann nicht das arithmetische Mittel aus der Summe der E geteilt durch die Anzahl der Fahrten n gebildet werden. Es ergäbe sich ein ungewichtetes E_m , in dem die E mit großen Wartedauer(W)-Anteilen ein zu geringes Gewicht erhielten; sie wären im Mittel unterrepräsentiert (Verfahren *Hassingers* 1910, S. 49 f.).³ Um eine richtig gewichtete mittlere Erreichdauer E_m zu erhalten, muß jede einzelne (nach Formel 4 berechnete) Erreichdauer E mit der in ihr enthaltenen Wartedauer $W (= t_{i+1} - t_i)$ multipliziert werden und die Summe dieser Produkte durch die Summe aller $W (= t_n - t_1)$ geteilt werden (Verfahren *Riedels* 1911, a, S. 36; 1911, b, S. 282):

³ *Hassingers* Verfahren kommt dem beschriebenen im Ergebnis gleich; sein Berechnungsgang war insofern ein anderer, als er zuerst das arithmetische Mittel der Reisezeiten (R_m nach Formel 2), dann das arithmetische Mittel der halben Wartedauern gebildet und erst danach diese beiden für jeden Haltepunkt des Wiener Nahverkehrsnetzes errechneten Werte addiert hatte.

Tabelle 1

Verbindung	Anzahl der Fahrtenpaare je Tag	Mittlere Reisedauer Minuten	Mittlere Reisege- schwindigkeit km/h	Mittlere Erreich- dauer Minuten	Mittlere Erreichbarkeit km/h
Bremen Hbf. – Bremen-Vegesack, 17 km, 6 Zwischenhalte	39	19	54	32	32
Lübeck Hbf. – Lübeck-Travemünde Hafen, 20 km, 4 Zwischenhalte	16	21	57	63	19
Rostock Hbf. – Rostock-Warnemünde, 13 km, 5 Zwischenhalte	47	23	34	36	22

(6)
$$E_m = \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_{i+1} - t_i}{2} + R_i \right) \cdot t_{i+1} - t_i \cdot \frac{1}{t_n - t_1}$$

Der so gewonnene Wert einer „Mittleren Erreichdauer“ E_m ist als Indikator einer Raumbeziehung sehr viel wertvoller als die „Mittlere Reisedauer“ R_m . In ihm sind entsprechend der eingangs genannten Forderung die Geschwindigkeit und die Häufigkeit einer Verkehrsbewegung enthalten. Für raumwissenschaftliche Fragestellungen bietet die mittlere Erreichdauer E_m mehrere Anwendungsmöglichkeiten, die im Abschnitt IV vorgeführt werden sollen.

Wie R , R_m und E , so kann auch E_m ins Verhältnis zur Streckenlänge L gesetzt werden. Es ergibt sich die „Mittlere Erreichbarkeit“ V_{E_m}

(7)
$$V_{E_m} = \frac{L}{E_m}$$

Dieser relative Wert läßt – wie oben schon ausgeführt worden ist – erkennen, welche Fortbewegung je Zeiteinheit erreicht wird, wenn versucht werden würde, die im zeitlichen Ablauf als konstant angenommene Verkehrsnachfrage jeweils im Augenblick ihres Entstehens zu realisieren.

Soll der hier theoretisch abgeleitete Wert der „Mittleren Erreichdauer“ E_m nach Daten aus einer gegebenen Verkehrspraxis berechnet werden, dann sind noch zwei Besonderheiten zu beachten und rechnerisch zu berücksichtigen: Bisher war davon ausgegangen worden, daß als Betrachtungszeitraum der volle Tag gilt. Das ist jedoch nur im weltweiten Fernverkehr sinnvoll. Schon im Fernverkehr über mittlere Entfernungen, aber noch mehr im sogenannten Bezirksverkehr und im Nahverkehr ist das Verkehrsangebot darauf eingestellt, Ankunftszeiten zwischen 0^h und 6^h zu vermeiden; im Nahverkehr herrscht sogar in den späten Nachtstunden Betriebsruhe. Um diese Tatsache zu berücksichtigen, kann der Betrachtungszeitraum auf beliebig festzusetzende Ankunftszeiten T und T' beschränkt werden, T kann z. B. auf 5^h 30', T' auf 0^h 30' festgesetzt werden. Im letzten Glied der Gleichung 6 muß dann als Summe der W statt $t_n - t_1$ die Differenz $T' - T$ eingesetzt werden. Bei einem solchen, nicht rund um die Uhr laufenden Betrachtungszeitraum ergibt sich allerdings eine Schwierigkeit bei der Bestimmung der Wartedauer W_1 auf die erste Fahrgelegenheit, denn diese läßt sich aus den Abfahrtzeitpunkten $t_{i+1} - t_i$ nicht bilden; t_i wäre in diesem Falle t_n und t_{i+1} wäre t_1 .

Zwischen t_n und t_1 liegt aber der Nachtzeitraum, der unberücksichtigt bleiben soll. Für W_1 muß deshalb eine fiktive Zeitdauer angenommen werden. Diese ergibt sich aus folgender Überlegung: Wenn die Differenz $T' - T$ gleich der Summe aller W sein soll (vergl. Formel 6), dann läßt sich W_1 wie folgt festlegen:

(8)
$$W_1 = (T' - T) - \sum_{i=2}^n W_i$$

Annähernd das gleiche Ergebnis wird erzielt, wenn für W_1 der Zeitraum zwischen T und der ersten Ankunft (= $t_1 + R_1 - T$) zuzüglich des Zeitraumes zwischen der letzten Ankunft und T' (= $T' - t_n + R_n$) eingesetzt wird:

(9)
$$W_1 = (t_1 + R_1 - T) + (T' - t_n + R_n)$$

Da in diesem Falle die Summe der W nicht mit der Differenz $T' - T$ übereinzustimmen braucht, weil $R_1 \neq R_n$ sein kann, muß statt $t_n - t_1$ nunmehr $\sum_{i=1}^n W_i$ in den Nenner des letzten Gliedes der Gleichung 6 eingesetzt werden. Die im vorstehenden genannten beiden Wege führen zum gleichen Wert für die mittlere Erreichdauer E_m . In den Berechnungen für die im Abschnitt IV folgenden Anwendungsbeispiele wurde nach Gleichung 9 verfahren.

Die zweite der oben angekündigten Besonderheiten, die sich aus der praktischen Anwendung des Wertes E_m ergibt, betrifft die Frage, ob nach Ablauf der Wartedauer ein im Augenblick der Abfahrt getroffener Reiseentschluß noch als realisierbar gelten soll oder nicht. Wird, wie bisher geschehen, die Erreichdauer E aus $\frac{W}{2}$ plus R gebildet, dann ist ein Reiseentschluß im Zeitpunkt der Abfahrt nicht in der Mittelbildung enthalten (so auch bei *Riedel* 1911, a und b). Soll ein solcher Entschluß aber sofort zu einer Abfahrt führen, dann muß die mittlere Wartedauer auf eine Abfahrt um eine Zeiteinheit verringert werden; E setzt sich dann aus $\frac{W-1}{2}$ plus R zusammen. Entsprechend ist der Zähler des Bruches in den Gleichungen 4 und 6 um den Wert 1 ($t_{i+1} - t_i - 1$) zu vermindern. Diese Rechenoperation wurde für die im Abschnitt IV folgenden Beispiele angewendet. Die errechneten Werte der mittleren Erreichdauer E_m und entsprechend der mittleren Erreichbarkeit V_{E_m} verändern sich dadurch jedoch nur um Zehntel der vollen Werte.



Abb. 1: Erreichbarkeit auf einzelnen Verkehrsverbindungen, dargestellt an den Beispielen Bremen – Bremen-Vegesack, Lübeck – Lübeck-Travemünde, Rostock – Rostock-Warnemünde (1: 300 000)

Es muß schließlich erwähnt werden, daß für die weitaus überwiegende Mehrzahl der Verbindungen die Erreichdauer E_m und die Erreichbarkeit V_E in beiden Richtungen annähernd gleich sind; das ist eine Folge der in beiden Richtungen meist paarig angeordneten Fahrten. Selbst wenn im Berufsverkehr in einer Richtung die dichtere Fahrfolge in den Morgenstunden, in der anderen Richtung in den Spätnachmittagsstunden liegt, ergeben sich bei gleicher Anzahl von Fahrten fast gleiche Werte von E_m und V_E . Nur wenn die Geschwindigkeiten in beiden Richtungen stark voneinander abweichen oder völlig verschiedene Fahrtenfolgen vorhanden sind, gilt ein für die eine Richtung berechneter Wert für die Gegenrichtung nicht⁴.

IV.

In der Anwendung der Werte „Mittlere Erreichdauer E_m “ und „Mittlere Erreichbarkeit V_{E_m} “⁵ kann ein pragmatisches von einem stärker theoretischen Vorgehen unterschieden werden. Als pragmatisch darf es bezeichnet werden, wenn in der Verkehrsplanung E_m und V_{E_m} neben R_m und V_{R_m} als Kennwerte für die Beurteilung des Grades der Verkehrserschließung eines Raumes herangezogen werden. Eine solche Untersuchung hat der Verfasser für das Umland von Nürnberg durchgeführt (Rutz 1971). Dabei steht die Verflechtung über mittlere bis kurze Entfernungen im Vordergrund. Die in E_m gegenüber R_m enthaltene Komponente der Wartedauer spielt besonders bei kurzen Reisen eine Rolle, denn nur bei diesen tritt der Wunsch auf, die Reise zu jeder Tageszeit ohne lange Wartezeiten antreten zu können. Je länger dagegen eine Reise wird, um so unwichtiger wird der Zeitpunkt der Abreise bzw. das Warten auf diesen Abreisezeitpunkt, weil der Reisende von vornherein

seine Planungen auf diesen Zeitpunkt abstimmt; das hatte schon Heiderich (1912 S. 18 f.) betont. So eng wie damals muß die Anwendungsmöglichkeit heute nicht mehr beurteilt werden, bieten sich doch in den industrialisierten Teilen der Erde auch für Fernreisen zwischen 5 und 15 Stunden immer noch mehrere Reisegelegenheiten je Tag an, das gilt sogar für den Übersee-Flugverkehr dieser Räume untereinander. In diesen Fällen wird der Anteil der mittleren Wartedauer $\frac{W_m}{2}$ an E_m zwar merklich kleiner als im Nahverkehr, und der praktische Aussagewert von E_m nimmt ab, dennoch kann auch hier nicht ganz auf die Berücksichtigung der Häufigkeit einer Verkehrsverbindung verzichtet werden. Erst wenn es täglich nur eine oder gar wöchentlich weniger als sieben Reisegelegenheiten gibt, wird E_m zu einem theoretischen Wert.

In der oben erwähnten, auf Nürnberg bezogenen Untersuchung (Rutz 1971) wurden diejenigen Fragen behandelt, die sich aus einer rein pragmatischen Anwendung der Werte E_m und V_{E_m} ergaben. Im folgenden soll nun erläutert werden, welche Anwendungsmöglichkeiten sich für E_m und V_{E_m} als Hilfswerte verkehrsbezogener Raumanalyse im Grundsätzlichen ergeben. Dabei sind drei Anwendungsfälle zu unterscheiden. Aus jedem der drei verschiedenen Fälle lassen sich mehrere Aussagen ableiten.

Fall 1: Anwendung auf einzelne Verkehrsverbindungen

Hier ist beabsichtigt, eine Aussage über die Güte der Verkehrsverbindungen zwischen je zwei Orten zu machen. Für eine einzelne Verbindung allein besäße ein solcher E_m - oder V_{E_m} -Wert nur betriebstechnisches Interesse, eine Aussage über die Beziehung der Ausgangsorte zueinander ist nur aus einem Vergleich mehrer Einzelverbindungen möglich. Eine Berechnung von E_m und V_{E_m} wäre z. B. angebracht, um eine Aussage über den Verflechtungsgrad verschiedener Städtepaare zu machen.

Als Beispiel seien drei Eisenbahnverbindungen zwischen norddeutschen Hafenstädten und ihren stromabwärts gelegenen Vorhäfen gewählt (Sommerfahrplan 1970; vgl. Abb. 1 und Tab. 1).

⁴ Daß in den Beispielen Tab. 2a und Tab. 4b die Werte der Verbindungen Nürnberg-Ansbach und Ansbach-Nürnberg um einige Minuten und Stundenkilometer voneinander abweichen, liegt in der selten eintretenden Tatsache, daß in dem gewählten Betrachtungszeitraum (5h30' bis 0h15') in der einen Richtung zwei Fahrten mehr stattfinden als in der anderen.
⁵ Im folgenden nur noch durch E_m und V_{E_m} bezeichnet; entsprechend R_m für „Mittlere Reisedauer“ und V_{R_m} für „Mittlere Reisegeschwindigkeit“.

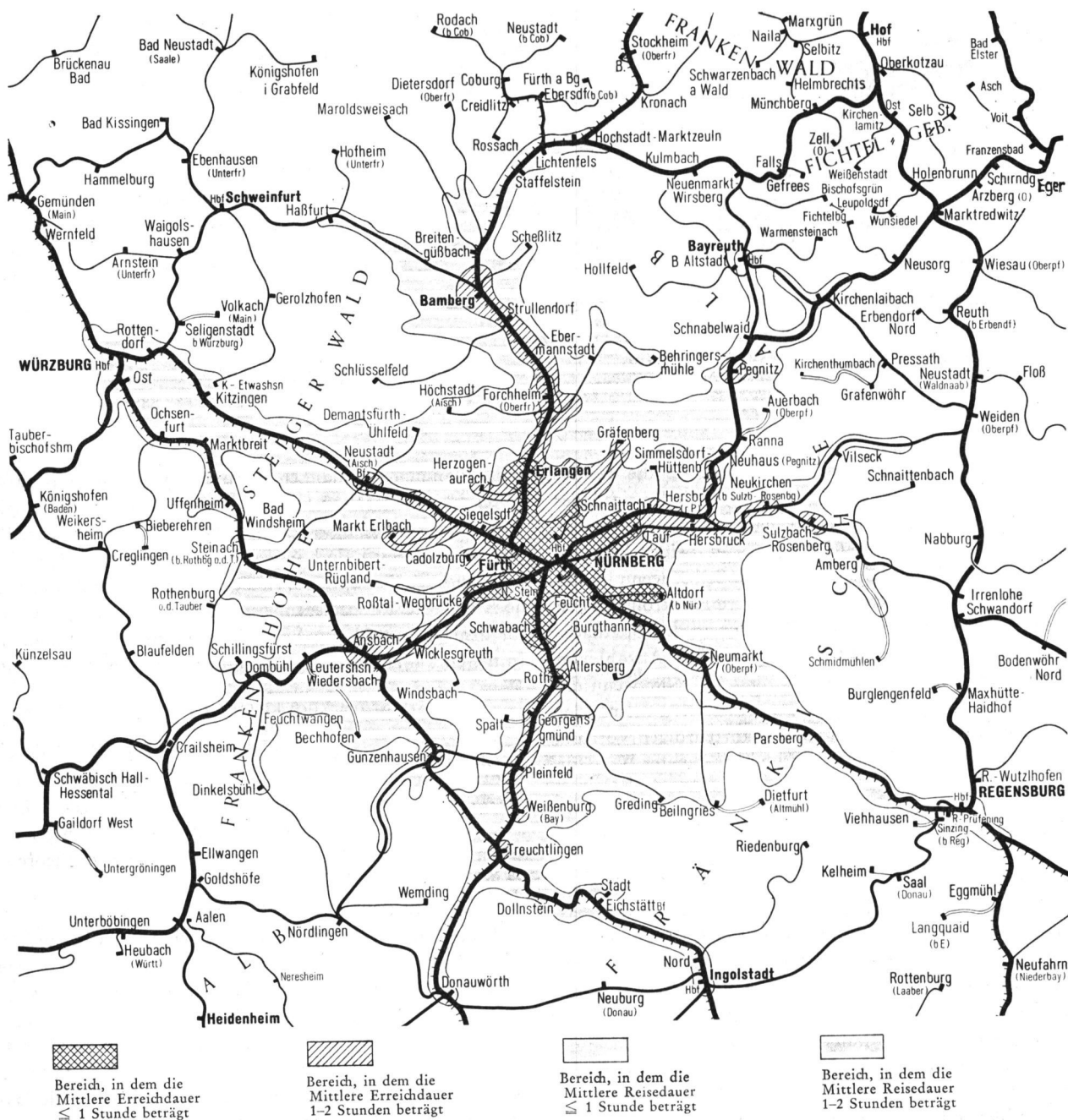


Abb. 2: Weitere Umgebung Nürnbergs mit Ein- und Zwei-Stunden-Isochronen der Erreich- und der Reisedauer (1:1 200 000)

(Grundkarte: Ausschnitt aus der Übersichtskarte zum Amtl. Kursbuch 1:1,2 Mio. – Nachdruck mit Genehmigung der Hauptverwaltung der Deutschen Bundesbahn)

Die in diesem Beispiel gewählten drei möglichst gleichartigen Städtepaare sind in ihrer gegenseitigen Erreichbarkeit recht unterschiedlich. Es ist hier nicht aufgegeben, diese Unterschiede näher zu begründen; deutlich wird jedoch, daß die Erreichbarkeit bereits in diesem einfachsten Falle ein Merkmal für wirtschaftliche, soziale und verwaltungsrechtliche Raumstrukturen ist.

Ähnlich wie in dem angeführten Beispiel wäre die gegenseitige Erreichbarkeit einzusetzen, um den Verflechtungsgrad der großen Städtebänder der Erde zu erläutern, etwa die nordamerikanische Megalopolis, die rheinischen Bal-

lungsräume zwischen der Regio Basiliensis und der Randstadt Holland oder das am Tokaido aufgereichte Städteband auf Hondo.

Fall 2: Anwendung auf zentripetale Verkehrsnetze

In diesem Falle sollen nicht einzelne, sondern alle Verkehrsverbindungen Berücksichtigung finden, die auf ein Zentrum, einen „zentralen Ort“ ausgerichtet sind. E_m und V_{E_m} werden für alle Orte im Umland des Zentralortes berechnet. Mit diesen Werten lassen sich – ähnlich wie für die Reisedauer – Isochronen der Erreisdauer („Isochronen

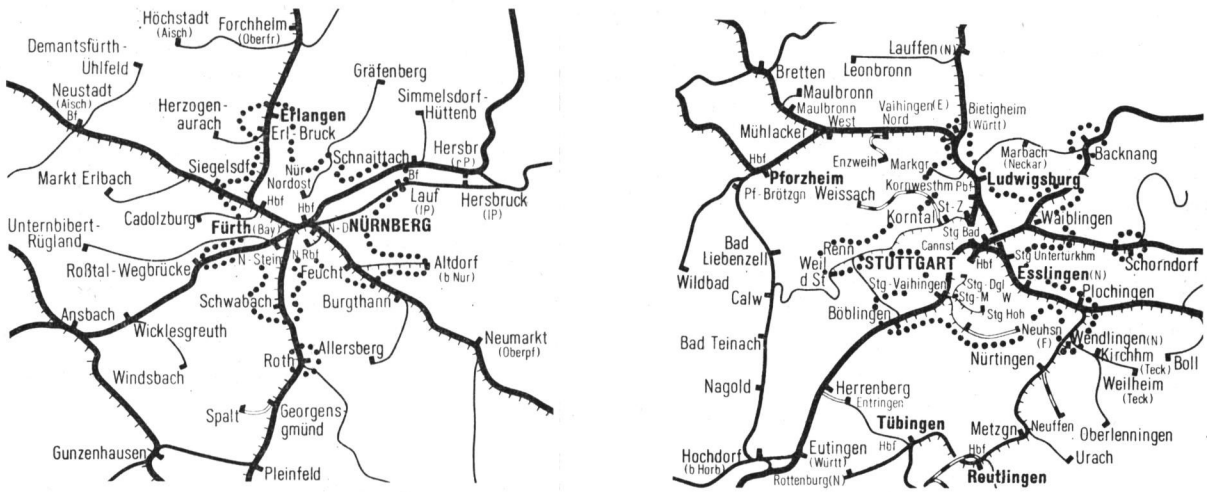


Abb. 3: Ein-Stunden-Isochronen (.....) der Mittleren Erreichdauer für Nürnberg und Stuttgart (1:1 200 000)

(Grundkarte: Ausschnitt aus der Übersichtskarte zum Amtl. Kursbuch 1:1,2 Mio. – Nachdruck mit Genehmigung der Hauptverwaltung der Deutschen Bundesbahn)

des Gesamtverkehrs“ bei Riedel 1911, a und b) konstruieren. Der Verlauf dieser Isochronen zeigt den Verflechtungsgrad des Zentrums zu den verschiedenen Sektoren seines Umlands sehr deutlich. Wo die Isochronen nach außen vorspringen, ist die Verbindung zum Zentrum eng, wo sie nach innen aneinanderrücken, fehlt ein intensiver Austausch⁶.

Als Beispiel seien die auf Nürnberg zulaufenden öffentlichen Verkehrslinien (Bahn und Bus) gewählt. In Abb. 2 sind die Ein-Stunden- und Zwei-Stunden Isochronen der mittleren Reisedauer R_m und der mittleren Erreichdauer E_m eingetragen und ihre Bereiche kenntlich gemacht⁷.

Das Ausmaß der Abweichung beider Isochronenarten deutet auf die Häufigkeit der Verkehrsbedienung hin. Auf diese Art vergleichender Auswertung, die vorwiegend in der Verkehrsplanung und Fahrplantechnik angewendet werden kann, sei hier nur hingewiesen. In räumlicher Sicht ist der Isochronenverlauf selbst, die Lage, Richtung und Entfernung der Isochronen vom Zentrum, das wichtigste Ergebnis. Um Nürnberg bestimmen die Eisenbahnstrecken, die im halbstündigen Rhythmus bedient werden, das Bild. Dagegen fallen die mit Autobussen bedienten Räume zwischen den Hauptbahnlinien stark ab. Auch hier kann nicht auf Einzelheiten eingegangen werden.

Aus der für ein zentripetales Verkehrsnetz errechneten Erreichdauer E_m und deren Isochronen lassen sich nun weitere raumbezogene Aussagen ableiten. Wird E_m nicht nur für einen zentralen Ort, sondern für mehrere berechnet, dann können die Größe und die Form der von bestimmten

Isochronen umringten Flächen – etwa die der Halb-Stunden-Isochrone oder die der Ein-Stunden-Isochrone – für mehrere zentrale Orte untereinander verglichen werden, und zwar sowohl für solche gleichen Ranges (Zentralitätsstufe) als auch für solche unterschiedlicher Stellung in der Hierarchie der Städte. Etwas ähnliches versuchte als erste Marie Krauske 1901 mit der Zwei-Stunden-Isochrone der kürzesten Reisedauer für einen Vergleich von Breslau, Berlin, Wien und München. Zeitzone der Reisedauer sind danach immer wieder – meist dann durch Isochronen in größeren Maßstäben dargestellt – benutzt worden, um Vergleichswerte über die Umlanderschließung von Städten zu erhalten. Für eine vielseitig ausgerichtete funktionale Raumanalyse eignet sich jedoch E_m als Grundwert sehr viel besser als die einfache Reisedauer. Erst wenn E_m benutzt wird, erscheinen Rückschlüsse aus dem Isochronenbild über die Güte der Verkehrserschließung von Stadtumlandbereichen sinnvoll. Gerade deshalb gelangte Hassinger 1910 zur Ein-Stunden-Isochrone der Erreichdauer als äußerer Grenze der Großstadt.

Hier soll aus der Fülle der Anwendungsmöglichkeiten nur ein Beispiel gebracht werden: Im Umland von Nürnberg umschließt die Ein-Stunden-Isochrone der Erreichdauer eine Fläche von rd. 520 km², im Umland von Stuttgart rd. 720 km²; das wird sogar auf den kleinmaßstäblichen Karten Abb. 3 deutlich.

Die größere Fläche Stuttgarts spiegelt eine dort gegenüber Nürnberg größere Intensität der zentralörtlichen Beziehungen wider; auf die Ursachen einzugehen, die u. a. in der größeren Siedlungsdichte des Stuttgarter Umlandes liegen, ist hier nicht die Aufgabe.

Werden, wie im Falle von Nürnberg und Stuttgart, die Isochronen der Erreichdauer für räumlich benachbarte zentrale Orte des gleichen Ranges berechnet, dann lassen sich auch diejenigen Bereiche finden, in denen sich beide Zentren die Waage halten. Die Verbindungslinie der Schnittpunkte gleichrangiger Isochronen beider Zentren ist zugleich eine

⁶ Isochronen der Erreichdauer sind „unechte“ Isochronen; sie bieten einige methodische Schwierigkeiten. Auf diese kann hier nicht eingegangen werden. In der schon erwähnten regionalen Studie über Nürnberg (Rutz 1971) werden die methodischen Probleme der Isochronendarstellung näher erläutert.

⁷ Diese Karte ist ein stark verkleinerter und generalisierter Auszug aus zwei ähnlichen Karten im Maßstab 1:550 000, die als Karten 3 und 4 zu der in Fußnote 6 erwähnten Studie gehören. Das Datenmaterial – es wurden die Verkehrsverbindungen von rd. 2200 Orten nach Nürnberg zusammengestellt – auch nur auszugsweise wiederzugeben, verbietet der Platz.

Tabelle 2a

Verbindung	Entfernung km	Anzahl der Fahrten je Tag	Mittlere Reisedauer Stunden	Mittlere Reisege- schwindigkeit km/h	Mittlere Erreichdauer Stunden	Mittlere Erreichbarkeit V _E km/h
Nürnberg – Bamberg	62	23	1h 00'	62	1h 29'	42
Nürnberg – Bayreuth	93	16	1h 36'	58	2h 17'	41
Nürnberg – Amberg	67	13	1h 29'	45	2h 19'	29
Nürnberg – Regensburg	101	15	1h 17'	79	2h 10'	47
Nürnberg – Ingolstadt	118	12	1h 37'	73	2h 33'	46
Nürnberg – Donauwörth	96	13	1h 15'	77	2h 11'	44
Nürnberg – Ansbach	44	26	0h 47'	56	1h 16'	35
Nürnberg – Würzburg	102	23	1h 10'	87	1h 57'	52

($\sum \text{km} = 683$)

Mittlere Erreichbarkeit Nürnbergs von den genannten 8 Städten aus: $42,0 \text{ km/h}$ ($\sum V_E : 8$)
oder $43,3 \text{ km/h}$ ($\sum V_E \times \text{km} : 683$)

Tabelle 2b

Verbindung	Entfernung km	Anzahl der Fahrten je Tag	Mittlere Reisedauer Stunden	Mittlere Reisege- schwindigkeit km/h	Mittlere Erreichdauer Stunden	Mittlere Erreichbarkeit V _E km/h
Stuttgart – Heilbronn	53	29	0h 55'	58	1h 16'	42
Stuttgart – Crailsheim	100	14	1h 49'	55	2h 43'	37
Stuttgart – Aalen	76	20	1h 36'	48	1h 17'	33
Stuttgart – Ulm	94	35	1h 10'	81	1h 30'	63
Stuttgart – Tübingen	63	19	1h 10'	54	1h 45'	36
Stuttgart – Rottweil	110	11	1h 50'	60	2h 54'	38
Stuttgart – Karlsruhe	92	18	1h 16'	73	2h 12'	42
Stuttgart – Heidelberg	113	26	1h 15'	90	2h 00'	57

($\sum \text{km} = 701$)

Mittlere Erreichbarkeit Stuttgarts von den genannten 8 Städten aus: $43,5 \text{ km/h}$ ($\sum V_E : 8$)
oder $44,4 \text{ km/h}$ ($\sum V_E \times \text{km} : 701$)

Tabelle 3

Verbindung	Entfernung km	Anzahl der Fahrten je Tag	Mittlere Reisedauer Stunden	Mittlere Reisege- schwindigkeit km/h	Mittlere Erreichdauer Stunden	Mittlere Erreichbarkeit V _E km/h
Neumarkt i. d. Opf. – Regensburg	65	17	0h 53'	74	1h 39'	39
Regensburg – Saal a. d. Donau	25	17	0h 28'	54	1h 24'	18

Grenze ihrer Einflußbereiche. Für Isochronen der Reisedauer haben schon *Schjerning* (1903, S. 781 f.), *Riedel* (1911a, S. 77) u. a., sowie in jüngster Zeit wieder *Freitag* (1966, S. 53) auf diese Anwendungsmöglichkeit hingewiesen. Die Zeitgleichheitslinie auf der Grundlage der Reisedauer erfüllt die Aufgabe, die Grenze zweier Einflußbereiche anzugeben, nur unvollkommen. Hier ist die Berücksichtigung der Häufigkeit von Verbindungen zum Zentrum besonders wichtig; hier bietet sich daher für die Anwendung von E_m -Werten ein weites Feld, nachdem der Rechenaufwand beherrscht wird. Zeitgleichheitslinien auf der Grundlage von E_m spiegeln das nach zwei Seiten ausgerichtete Verkehrsgeschehen sehr gut wider; sie sind hervor-

ragend geeignet, zur Grenzbestimmung von Einflußbereichen zentraler Orte beizutragen.

Auch hierzu ein Beispiel: Im Bereich zwischen Jagst und Tauber berühren sich die Einflußbereiche von Nürnberg und Stuttgart. In Abb. 4 sind die aus den Isochronen abgeleiteten Zeitgleichheitslinien auf der Grundlage von R_m und E_m dargestellt.

Während nach den R_m -Werten Crailsheim zum Einflußbereich von Nürnberg gerechnet werden müßte, fällt es nach den E_m -Werten in den Einflußbereich von Stuttgart, in dem es, wie durch viele Untersuchungen nachgewiesen ist, tatsächlich auch liegt. Der Verlauf in anderen Einzelheiten kann hier nicht näher erläutert werden.



Abb. 4: Grenze der Einflussbereiche von Stuttgart und Nürnberg nach der Reisedauer (-----) und nach der Erreichbarkeit (.....)(1:200 000)

(Grundkarte: Ausschnitt aus der Übersichtskarte zum Amtl. Kursbuch 1:1,2 Mio. – Nachdruck mit Genehmigung der Hauptverwaltung der Deutschen Bundesbahn)

In zentripetalen Verkehrsnetzen lässt sich die Erreichbarkeit noch in einer anderen Weise zur Kennzeichnung von räumlichen Strukturen benutzen: Wird für jede der von einem Zentrum ausstrahlenden Verkehrsverbindungen (meist sind es 3 bis 6) die Erreichbarkeit des nächsten Ortes einer bestimmten Zentralitätsstufe errechnet, dann lassen sich die E_m -Werte mitteln, und es ergibt sich eine Aussage über die Qualität der Verkehrsbedienungs zwischen dem Zentrum und seinen gleich- oder niederrangigen Nachbarzentren.

Als Beispiel ist im folgenden die Erreichbarkeit Nürnbergs und Stuttgarts von den umliegenden Städten mit höheren oder teilweise höheren zentralen Diensten aus angeführt (vgl. Tab. 2a und 2b).

War die von der Einstunden-Isokrone der Erreichdauer umgrenzte Fläche für Stuttgart deutlich größer als für Nürnberg (vgl. Abb. 3), so ist die Erreichbarkeit beider Großstädte von den umliegenden Zentralorten der höheren Stufe aus fast gleich gut. Daraus lässt sich folgern: Nicht die von Nürnberg ausstrahlenden Hauptbahnen weisen ungünstigere Verkehrsverhältnisse auf als diejenigen Stuttgarts, sondern die zwischen den Hauptbahnen verlaufenden Nebenstrecken und Omnibuslinien werden in der Umgebung Nürnbergs weniger dicht befahren als in der Umgebung Stuttgarts. Die Tabellen 2a und 2b erlauben noch eine Vielzahl weiterer Rückschlüsse, doch muß die weitere, nur regionales Interesse verdienende Auswertung hier unterbleiben.

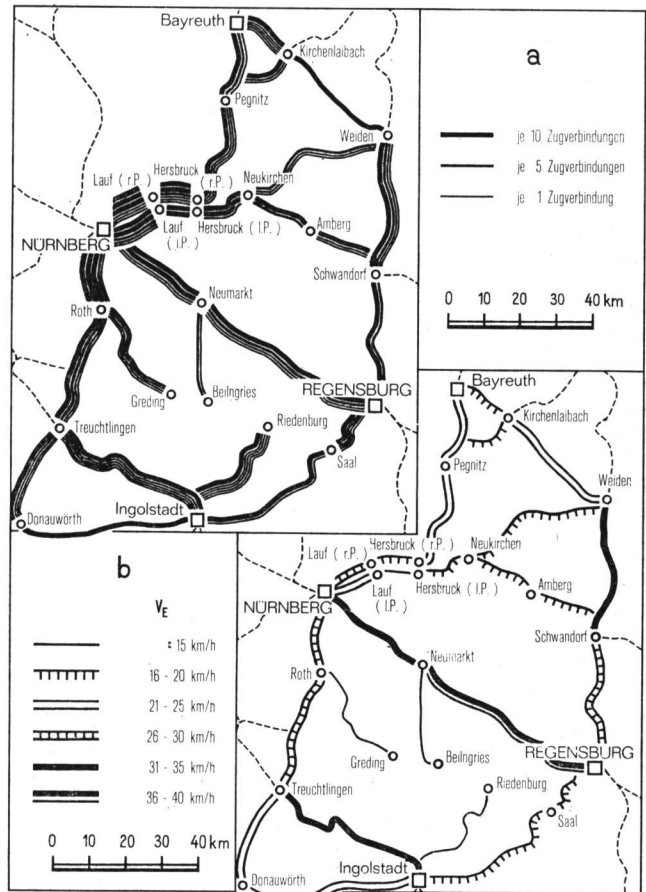


Abb. 5: Reisezugbelegung und Erreichbarkeit der Knotenbahnhöfe im Eisenbahnnetz der Fränkischen Alb (1:200 000)

Fall 3: Anwendung auf vielknotige Verkehrsnetze

So wie für eine einzelne Verkehrsverbindung zwischen zwei Orten und für mehrere auf ein Zentrum zulaufende Verbindungen die Erreichdauer und Erreichbarkeit errechnet wurden, kann es auch für alle Maschen eines Verkehrsnetzes geschehen und ebenso auch für die Verbindung jedes Verkehrspunktes mit jedem anderen des gleichen Netzes.

Im Falle der Berechnung von E_m für jede einzelne Masche eines Verkehrsnetzes ergibt sich eine Aussage darüber, wie gut dieses Netz im Hinblick auf die Verbindung jeweils benachbarter Knotenpunkte bedient wird. Es ergibt sich im wesentlichen ein Verteilungsbild, das dem der gängigen Darstellungen über die Häufigkeit von Zugfahrten, Bus- oder Flugkursen ähnlich ist. Der Gewinn gegenüber diesen Darstellungen liegt in der gleichzeitigen Berücksichtigung der Geschwindigkeit.

Als Beispiel ist in Abb. 5 das Eisenbahnnetz im Bereich der Fränkischen Alb dargestellt, und zwar a) mit seiner Reisezugbelegung und b) mit der gegenseitigen Erreichbarkeit der benachbarten Knotenbahnhöfe.

Auch hier soll nicht auf Einzelheiten eingegangen werden. Das zu verdeutlichende Prinzip wird klar an einem Ver-

Tabelle 4a

Verbindung	Entfernung km	Anzahl der Fahr- gelegenheiten je Tag	Mittlere Reisedauer Stunden	Mittlere Reisege- schwindigkeit km/h	Mittlere Erreichdauer Stunden	Mittlere Erreichbarkeit V_E km/h
Suhl – Erfurt	64	12	1h 32'	42	2h 27'	26
Suhl – Halle a. d. S.	172	8	3h 18'	52	4h 37'	37
Suhl – Leipzig	180	10	3h 41'	49	4h 45'	38
Suhl – Gera	153	6	3h 14'	36	6h 20'	24
Suhl – Chemnitz	237	5	5h 59'	40	8h 58'	26
Suhl – Dresden	298	6	5h 21'	56	7h 20'	41
Erfurt – Halle a. d. S.	108	15	1h 23'	78	2h 05'	52
Erfurt – Leipzig	116	16	1h 35'	73	2h 16'	51
Erfurt – Gera	89	9	2h 07'	42	3h 49'	23
Erfurt – Chemnitz	173	9	4h 34'	38	6h 26'	27
Erfurt – Dresden	232	11	3h 20'	70	4h 31'	51
Halle a. d. S. – Leipzig	38	44	0h 31'	74	0h 50'	46
Halle a. d. S. – Gera	111	8	2h 43'	41	4h 11'	27
Halle a. d. S. – Chemnitz	118	8	3h 49'	31	5h 12'	23
Halle a. d. S. – Dresden	154	14	2h 01'	76	2h 57'	52
Leipzig – Gera	73	9	1h 56'	38	3h 19'	22
Leipzig – Chemnitz	81	10	2h 51'	28	3h 56'	21
Leipzig – Dresden	116	16	1h 20'	87	2h 17'	51
Gera – Chemnitz	84	6	2h 23'	35	4h 12'	20
Gera – Dresden	164	11	3h 40'	45	5h 02'	33
Chemnitz – Dresden	80	19	1h 21'	59	1h 54'	42

 $(\sum \text{km} = 2841)$

Mittlere Erreichbarkeit im vorstehenden Netz: $34,9 \text{ km/h}$ ($\sum V_E : 21$)
 oder $36,0 \text{ km/h}$ ($\sum V_E \times \text{km} : 2841$)

Tabelle 4b

Verbindung	Entfernung km	Anzahl der Fahr- gelegenheiten je Tag	Mittlere Reisedauer Stunden	Mittlere Reisege- schwindigkeit km/h	Mittlere Erreichdauer Stunden	Mittlere Erreichbarkeit V_E km/h
Würzburg – Ansbach	89	17	1h 09'	77	1h 55'	46
Würzburg – Bamberg	100	16	1h 37'	62	2h 22'	42
Würzburg – Nürnberg	102	23	1h 16'	81	1h 47'	57
Würzburg – Bayreuth	194	11	2h 58'	65	4h 25'	44
Würzburg – Hof	227	8	3h 36'	63	5h 19'	43
Würzburg – Regensburg	203	10	2h 24'	85	3h 45'	54
Ansbach – Bamberg	106	18	1h 59'	53	2h 35'	41
Ansbach – Nürnberg	44	28	0h 45'	59	1h 10'	38
Ansbach – Bayreuth	137	13	2h 39'	52	3h 23'	40
Ansbach – Hof	210	9	3h 47'	56	5h 00'	42
Ansbach – Regensburg	145	13	2h 19'	63	3h 19'	44
Bamberg – Nürnberg	62	23	1h 03'	59	1h 34'	40
Bamberg – Bayreuth	94	13	1h 46'	53	2h 33'	37
Bamberg – Hof	127	11	2h 19'	55	3h 42'	34
Bamberg – Regensburg	163	10	2h 28'	66	3h 52'	42
Nürnberg – Bayreuth	93	16	1h 36'	58	2h 17'	41
Nürnberg – Hof	166	11	2h 44'	61	3h 56'	42
Nürnberg – Regensburg	101	15	1h 17'	79	2h 10'	47
Bayreuth – Hof	73	15	1h 52'	39	2h 44'	27
Bayreuth – Regensburg	145	10	2h 39'	55	4h 17'	34
Hof – Regensburg	179	8	2h 59'	60	4h 14'	42

 $(\sum \text{km} = 2760)$

Mittlere Erreichbarkeit im vorstehenden Netz: $41,8 \text{ km/h}$ ($\sum V_E : 21$)
 oder $40,6 \text{ km/h}$ ($\sum V_E \times \text{km} : 2760$)

gleich der Strecken Neumarkt-Regensburg und Regensburg-Saal (vgl. Tab. 3).

Bei gleicher Anzahl der Fahrten ist die gegenseitige Erreichbarkeit von Neumarkt und Regensburg wesentlich größer als diejenige zwischen Regensburg und Saal, weil infolge der Elektrifizierung zwischen Neumarkt und Regensburg höhere Geschwindigkeiten gefahren werden und verhältnismäßig mehr Eilzüge verkehren als zwischen Regensburg und Saal.

Die zweite Anwendungsmöglichkeit des Prinzips der Erreichbarkeit auf ein mehrknotiges Netz besteht in der Berechnung von V_{Em} für die Verbindungen jedes Verkehrsknotenpunktes mit allen anderen des gleichen Netzes. Damit wird eine Aussage über die Güte der Verkehrsbedienung im Gesamtnetz gefunden. Diese Erreichbarkeit aller Orte von allen anderen aus ist ein sehr gutes Merkmal für die innere Verkehrserschließung eines Raumes. Die gefundenen Werte gewinnen an Aussagekraft durch den räumlichen Vergleich.

Für die Berechnung von V_{Em} , bezogen auf ein ganzes Verkehrsnetz, wird der Rechenaufwand rasch sehr groß. Deshalb kann hier – soll auf eine elektronische Rechenhilfe verzichtet werden – nur ein sehr einfaches Beispiel vorgeführt werden. Dafür sollen Mitteldeutschland mit seinen sieben Verwaltungshauptorten (Bezirkshauptstädte) und der nördliche Teil des Freistaates Bayern gewählt werden. Die sieben mitteldeutschen Bezirke umfassen 41 692 km² mit 9,9 Mill. Einwohnern (Dichte 238 E/km²), Nordbayern in der gewählten Abgrenzung (Reg. Bez. Oberpfalz, Ober-, Mittel- und Unterfranken ohne den Landgerichtsbezirk Aschaffenburg) 31 917,74 km² mit 4,4 Mill. Einwohnern (Dichte 138 E/km²) (Stand 1969).

Für die sieben bezeichneten Städte in Mitteldeutschland und die sieben in Abb. 6 eingetragenen Städte in Nordbayern ergeben sich je 21 Verbindungen, deren Gesamtlänge in Mitteldeutschland 2 841 km, in Nordbayern 2 760 km beträgt. Die Werte der Einzelverbindungen und die Mittelwerte der Erreichbarkeit sind in den Tab. 4a und 4b zusammengestellt.

Nach der Bevölkerungsdichte wäre in Mitteldeutschland der dichtere Verkehr, die größere gegenseitige Erreichbarkeit zu erwarten. Wenn es sich umgekehrt verhält, dann beruht das auf den unterschiedlichen Gesellschaftssystemen in den beiden Vergleichsräumen. Auf erklärende Einzelheiten muß auch in diesem Beispiel, wie bei den vorher gewählten, aus Platzgründen verzichtet werden.

*

Innerhalb der drei Anwendungsfälle konnten jeweils nur wenige Beispiele angeführt werden. Es dürfte jedoch deutlich geworden sein: „Mittlere Erreichdauer E_m “ und „Mittlere Erreichbarkeit V_{Em} “ sind in der Lage, räumliche Zusammenhänge besser zu verdeutlichen, als das bisher vielfach mit Hilfe der Reisedauer und der Reisegeschwindigkeit geschehen ist; darüber hinaus wurde auch gezeigt, wie in einfachen und vielknotigen Systemen E_m und V_{Em} in

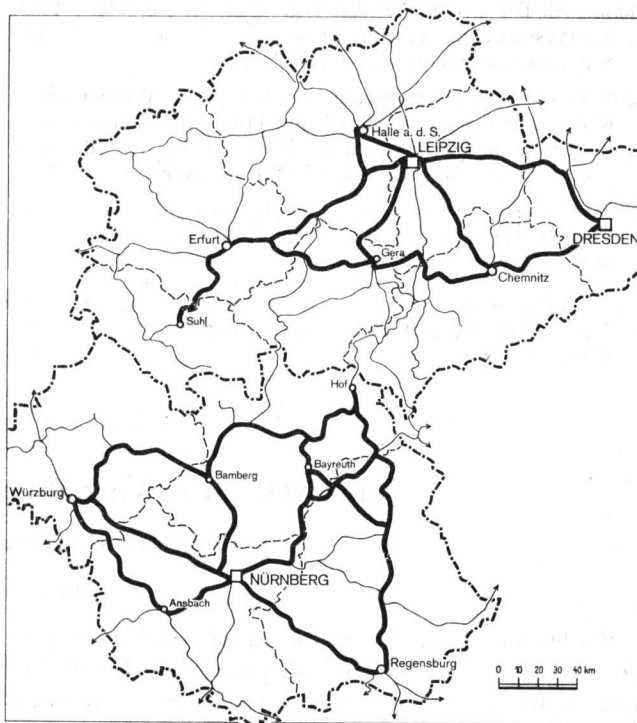


Abb. 6: Bahnverbindungen zwischen den Hauptverwaltungsorten in Mitteldeutschland und Nordbayern (1:3 850 000)

— Netz der ausgewerteten Strecken
— Übrige Hauptbahnstrecken

neuartiger Weise als Hilfwerte verkehrsbezogener Raumanalyse dienen können.

Schrifttum

- Burckhardt, G.: Kritisches zur Verkehrsische. In: Der Schweizer Geograph. (Basel) 11. Jg. (1934) S. 9–11.
- Eckert, Max: Kartenwissenschaft. – Berlin und Leipzig 1921 und 1925. Bd. 1: 640 S. Bd. 2: 880 S.
- Freitag, Ulrich: Verkehrskarten. – Gießen 1966. 112 S. = Gießener Geographische Schriften, H. 8.
- Galton, Francis: On the construction of isochronic passage-charts. In: Proceedings of the Royal Geographical Society of London. (London) Bd. 3. (1881) S. 657–658.
- Hassert, Kurt: Allgemeine Verkehrsgeographie. – Berlin und Leipzig 1931. Bd. 1: 408 S. Bd. 2: 375 S.
- Hassinger, Hugo: Beiträge zur Siedlungs- und Verkehrsgeographie von Wien. In: Mitteilungen der KK Geographischen Gesellschaft in Wien. (Wien) 53. Bd. (1910) S. 5–88.
- Heiderich, Franz: Verkehrsgeographische Studien zu einer Isochronenkarte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie. – Wien 1912. 48 S. = Schriften der Exportakademie des Österreichischen Handelsministeriums.
- Krauske, Marie: Breslaus Stellung im Schnellverkehr. In: Festschrift des Geographischen Seminars der Universität Breslau zur Begrüßung des XIII. Deutschen Geographentages. – Breslau 1901. S. 221–236.
- Meine, Karl-Heinz: Darstellung verkehrsgeographischer Sachverhalte. – Bad Godesberg 1967. 135 S. = Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Bd. 136.
- Otremba, Erich: Struktur und Funktion im Wirtschaftsraum. In: Berichte zur deutschen Landeskunde. (Bad Godesberg) 23. Bd. (1959) Nr. 1, S. 15–28.

- Paulus, A.:* Die Reisen deutscher Segelschiffe in den Jahren 1893 bis 1904 und ihre mittlere Dauer. In: Aus dem Archiv der Seewarte. (Hamburg) 30. Bd. (1907) H. 1.
- Rutz, Werner:* Nürnbergs Stellung im öffentlichen Verkehr seines weiteren Umlandes, dargestellt mit Hilfe von Isochronen der Reisedauer und Erreichdauer. – Nürnberg 1971. = Beiträge zur Sozial- und Wirtschaftskunde Nürnbergs, Bd. 5.
- Riedel, Johannes:* Anregungen für die Konstruktion und die Verwendung von Isochronen. Diss. Leipzig. – Weida 1911. 80 S. (a)
- Riedel, Johannes:* Neue Studien über Isochronenkarten. In: Petermanns Geographische Mitteilungen. (Gotha) 57. Bd. (1911) S. 281 bis 284. (b)
- Schjerning, W.:* Studien über Isochronenkarten. In: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. (Berlin) Jg. 1903, S. 693–705 und 763–783.
- Schöller, Peter:* Die neue Tokaido-Schnellbahn Tokyo–Osaka und ihre Stellung im Verkehrssystem Japans. In: Geographische Rundschau. (Braunschweig) 11. Jg. (1965). S. 128–137.
- Schott, Gerhard:* Die Verkehrswege der transozeanischen Segelschiffahrt in der Gegenwart. In: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. (Berlin) Bd. 30 (1895) S. 235–300.
- Zimpel, Heinz-Gerhard:* Verkehrsbestimmte Systeme der Kulturlandschaftsgliederung. Untersuchungsbeispiele aus Bayern und Graubünden. In: Berichte zur deutschen Landeskunde. (Bad Godesberg) 21. Bd. (1958) Nr. 2, S. 267–287.