

ZUR FRAGE DER VALIDITÄT DES GARIN-
LOWRY-ANSATZES FÜR PLANUNGSMODELLE
(Modell "Regioplan")

Wolfgang R. Blaas

Forschungsbericht Nr. 80

Jänner 1974

Jubiläumsfondsprojekt Nr. 657 der Österreichischen Nationalbank

Arbeitstitel:

Planungsmodell für die Stadt- und Regionalplanung
("Planungsmodell Wiener Neustadt")

Schlußbericht:

ZUR FRAGE DER VALIDITÄT DES GARIN-LOWRY-ANSATZES
FÜR PLANUNGSMODELLE.
EINE UNTERSUCHUNG AN HAND DES
PLANUNGSRAUMES WIEN.

Ausgearbeitet am Institut für Finanzwissenschaft
und Infrastrukturpolitik der Technischen Hochschule Wien

Vorstand: Prof.Dr. E.Matzner

Bearbeiter: Dipl.Ing. W.Blaas

Konsulent: Dipl.Ing. K.Sorgo

INHALT

Abkürzungen, Symbole

1	1. Vorbemerkungen
2	2. Problemstellung
2	2.1. Gegenstand
2	2.2. Daten
4	3. Das Modell "Regioplan"
4	3.1. "Modelltheorie"
5	3.2. Modellspezifikation
5	3.2.1. Struktur
11	3.2.2. Variable
13	4. Testgebiet und Daten
13	4.1. Testgebiet
13	4.2. Verfügbares statistisches Material
15	4.3. Anpassung der Modellgleichungen
15	4.4. Symbole und Quelle der Ausgangsdaten
17	5. Kalibrierung I
17	5.1. Zum Begriff der Kalibrierung
17	5.2. Kalibrierungsstatistik
19	5.3. Kalibrierungsverfahren
20	5.3.1. Kalibrierungsverfahren für Modellversion 1
38	5.3.2. Kalibrierungsverfahren für Modellversion 2
49	6. Modifikation des Modells

51	7. Kalibrierung II
61	8. Sensitivität
62	8.1. Variation des Vektors k
64	8.2. Variation des Vektors KO
66	8.3. Variation der Matrix (p_{ij})
70	8.4. Interpretation der Ergebnisse
72	9. Zusammenfassung
72	9.1. Modellversion 1
73	9.2. Modellversion 2
74	9.3. Modellversion 3
77	9.4. Didaktisches Modell
84	10. Literaturhinweise
86	11. Anhang
86	11.1. Zusammenstellung der Gleichungen und Programme der Verschiedenen Modellversionen
97	11.2. Testgebiet und Ausgangsdaten
100	11.3. Kalibrierungsversuche
104	11.4. Regressionsergebnisse zu Version 3
106	11.5. Sensitivitätsanalyse
116	11.6. Matrix der fiktiven Fahrtzeiten des didaktischen Modells

ABKÜRZUNGEN, SYMBOLE

E_i	Einwohner in Zone i (empirischer Wert)
EG_i	Einwohner in Zone i (geschätzter Wert)
FP_i	$100 \cdot |E_i - EG_i| / E_i$
C_i	Erwerbstätige in Zone i (empirischer Wert)
CG_i	Erwerbstätige in Zone i (geschätzter Wert)
DC_i	$C_i - CG_i$
Z_j	Beschäftigte in Zone j
S_i	(Wohn-) Nutzfläche in Zone i
α_i	(reziproke) Erwerbsquote
PE_{ij}	in Zone i wohnende und in Zone j arbeitende Pendler (empirischer Wert)
PG_{ij}	Pendler (wie oben) (Geschätzter Wert)
DPE_{ij}	$PE_{ij} - PG_{ij}$
$AREX_{ij}$	PE_{ij} / Z_j
$AREN_{ij}$	PG_{ij} / Z_j
DAR_{ij}	$AREX_{ij} - AREN_{ij}$
k_i	Attraktivitätsparameter (eindimensional)
k_{ij}	Attraktivitätsparameter (zweidimensional)
KO_i	Konstante der Regressionsgleichung
SUM	Normierungsterm
ITM, ITM1	Maximale Zahl der Iterationsschritte
KS	Parameter der Korrekturfunktion (Skalierung)
ISN	Internal Statement Number
$i=1, N$ ($j=1, N$)	bedeutet: der Index i (j) läuft von 1 bis N

1. Vorbemerkungen

Der vorliegende Bericht faßt die Erfahrungen und Erkenntnisse zusammen, die der Verfasser im Laufe einer einjährigen Studie zum Thema der Verwendung des Garin-Lowry Modells als Stadtplanungsmodell gewinnen konnte. Diese vom Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank finanziell unterstützte Arbeit stellt eine der ersten Versuche dar, ein Gravitationsmodell vom Lowry-Typ auf ein österreichisches Stadtgebiet anzuwenden. Es erscheint mir daher wichtig, den kritischen Leser auf den Pilot-Charakter der Studie hinzuweisen. Das Skizzenhafte der Arbeit kann dadurch gerechtfertigt werden.

Als Berater hatte Dipl.Ing. K.Sorgo wesentlichen Anteil an der Gestaltung des Modells "Regioplan" und am Fortgang der Arbeit. B.Hala war am Aufbereiten der erforderlichen Verkehrsdaten beteiligt. Durch das Entgegenkommen der Herren Dipl.Ing.A.Klotz, Leiter des Referats VI, Räumliche Stadtentwicklung, der Stadtbauamtsdirektion und der Mitarbeiter im Referat Dipl.Ing.Dr.techn. H.Satzinger sowie Dr.Schopper war es möglich, innerhalb kurzer Zeit die für die Modellberechnungen notwendigen Daten zu beschaffen. Sämtliche Rechenarbeiten wurden am Rechenzentrum der Technischen Hochschule Wien (IBM 7040) durchgeführt, die dabei verwendeten Programme stammen bis auf ein Regressionsdeck vom Bearbeiter des Projektes.

2. Problemstellung

2.1 Gegenstand

Gegenstand der Studie ist die Konzeption eines mathematischen Planungsmodells, das die Zusammenhänge zwischen der Verteilung der Arbeitsplätze und der Verteilung der Wohnplätze innerhalb einer in Zonen unterteilten Region aufzeigt. Dieser Zusammenhang soll (lt. Projektvorschlag) durch ein Modell des Lowry-Typs dargestellt werden.

Für die Auswahl dieses Ansatzes sind zwei Beweggründe, die sich den Begriffen "Lehre" und "Forschung" zuordnen lassen, ausschlaggebend:

- o Erstens ist mit dieser Arbeit die Schaffung eines Ausbildungsinstrumentes für Raumplaner (Raumplanungsstudenten, Planungspraktiker) beabsichtigt. Die für didaktische Zwecke gebotene Einfachheit und Überschaubarkeit des Planungsmodells läßt hier den Lowry-Ansatz für besonders geeignet erscheinen (Lehre).
- o Zweitens soll ein im Ausland bereits erprobtes Planungsmodell einer empirischen Überprüfung mittels österreichischer Daten unterzogen werden. Da die Planungsmodelle vom Lowry-Typ zu den am weitest verbreiteten gehören ¹⁾, liegt es auch hier nahe, diesen Ansatz aufzugreifen (Forschung).

2.2 Daten

Ursprünglich war vorgesehen, die Kalibrierung bzw. Prüfung des Modells anhand von Daten der Region Wr. Neustadt durchzuführen. Das hierfür notwendige statistische Material von der Volkszählung 1971 sollte uns (nach Auskunft des Österr. Statistischen Zentralamtes) im Frühjahr 1973, d.h. also für die Durchführung der Kalibrierungsarbeiten zeitgerecht zur Verfügung stehen. Leider verzögerten sich aus verschiedenen Gründen die Auswertungen der Volkszählung 1971, sodaß die von uns benötigten Daten zum Zeitpunkt der Rechenarbeiten (d.h. Frühjahr und Sommer 1973) noch nicht publiziert waren. Wir waren somit gezwungen, auf einen anderen Datensatz zurückzugreifen, und da bot sich in naheliegender Weise als Testgebiet die Stadt Wien an, für die vom Zensus 1961 ein entsprechend disaggregiertes Datenmaterial vorliegt (vgl. auch Kap. 4).

1) vgl. etwa Lit {1}, {2}, {3} und {7}

Erst wenn die vollständig ausgewerteten Daten der Volkszählung 1971 veröffentlicht sind, wird es möglich sein, derartige Modelle auch anhand anderer österreichischer Städte zu testen.

3. Das Modell "Regioplan"

Im folgenden Kapitel werden die Stufen der Konstruktion des Modells ¹⁾ "Regioplan" dargestellt. Wir gehen zunächst auf den theoretischen Hintergrund näher ein und spezifizieren dann das Modell im Detail.

3.1 "Modelltheorie"

Als Vorlage für das Modell "Regioplan" diente jener Teil des Lowry-Modells, der das räumliche Verteilungsgesetz abbildet. Diesem Verteilungsgesetz liegt bekanntlich der Gravitationsansatz zugrunde. Das Konzept der Gravitation wirft in seiner Anwendung in den Sozialwissenschaften sowohl prinzipielle als auch graduelle Probleme auf und ist auch einer umfangreichen Kritik unterzogen worden. ²⁾

Darauf kann hier (zumindest vorderhand) nicht näher eingegangen werden und es wird daher vorgeschlagen, die durch das besagte Konzept ausgedrückte "Theorie" (vorläufig) zu akzeptieren.

Das Gravitationsprinzip stammt aus der Physik und besagt sinngemäß folgendes:

Die Anziehungskraft zwischen zwei Körpern ist proportional den Massen dieser Körper und verkehrt proportional der Entfernung der beiden Körper.

Woraus man so etwas wie ein "sozialphysikalisches Gesetz" im Analogieschluß gewinnen kann:

Die zwischen zwei "sozialen Körpern" (Städte, Regionen etc.) i und j stattfindende Interaktion T_{ij} ist proportional den Massen P_i bzw. P_j dieser Körper (z.B. der Einwohnerzahl, dem Sozialprodukt etc.) und verkehrt proportional der Entfernung d_{ij} der beiden Körper, also formal:

$$T_{ij} = \frac{P_i \cdot P_j}{d_{ij}} \quad (3.1) \quad 3)$$

1) Unter dem Begriff "Modell" wollen wir zunächst ganz allgemein die formalisierte Abbildung einer Theorie (od. eines Kausalzusammenhanges) verstehen, die in der Lage ist, ein System beobachtbarer Daten zu reproduzieren.

2) Vgl. etwa {16}

3) Dieser Ansatz kann auch über die Methode der Entropiemaximierung gewonnen werden (vgl. Lit {4})

oder allgemein: $T_{ij} = P_i \cdot P_j \cdot f(d_{ij})$

T_{ij} Interaktionen (z.B. Fahrten) zwischen i und j

P_i, P_j .. Masse (z.B. Bevölkerung) in i bzw. j

d_{ij} Distanz (z.B. Entfernung in km) zwischen i und j

f monoton nicht wachsende Funktion

Die Funktion f kann beispielsweise folgende Form annehmen:

$$f(d_{ij}) = d_{ij}^{-\theta}$$

oder $f(d_{ij}) = \exp(-\theta \cdot d_{ij})$

oder $f(d_{ij}) = \exp(-\theta_1 \cdot d_{ij}) \cdot d_{ij}^{-\theta_2}$

In der vorliegenden Arbeit geht es um die Verteilung von Arbeits- und Wohnplätzen, sodaß als Interaktionen die Arbeitspendlerfahrten und als "Massen" die Wohnbevölkerung bzw. die Arbeitsplätze nahe liegen. Die genauere Definition dieser Größen erfolgt im nächsten Abschnitt.

3.2 Modellspezifikation

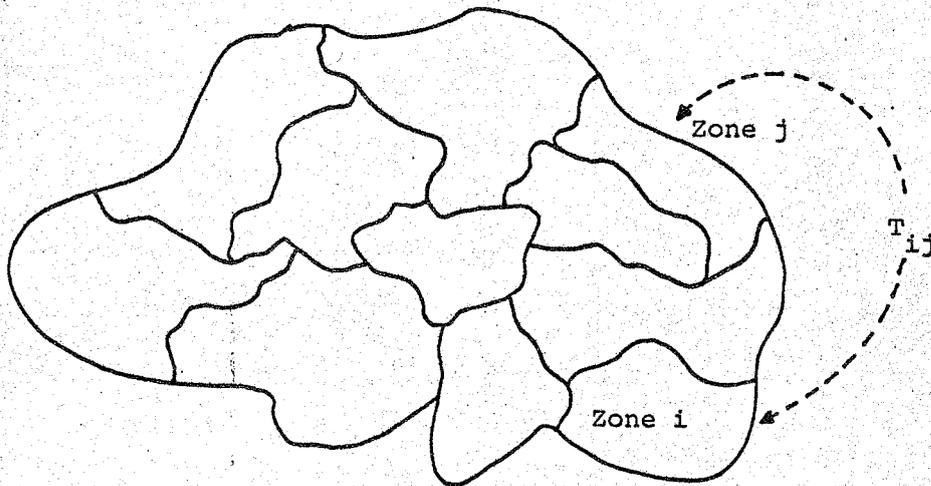
Im Sinne Schönfelds (Lit. {5}) ist ein Modell durch die Variablen einerseits und die Struktur des Modells andererseits spezifiziert. Wenden wir uns zuerst der durch den theoretischen Ansatz determinierten Struktur zu. Die Variablen des Modells folgen dann - zumindest teilweise - aus der Modellstruktur.

3.2.1 Struktur

Unter der Struktur des Modells verstehen wir (vgl. Lit. {6}) die Gesamtheit von Relationen und Festlegungen, durch welche die Werte aller endogenen Variablen unter der Bedingung gegebener exogener Variablen eindeutig bestimmt ist. Zur Struktur gehören demnach die funktionale Form der Relationen (zwischen den Variablen) und die strukturellen Parameter (vgl. Lit. {5}).

a) Die funktionale Form der Relationen

Wir fragen zunächst nach den Mengen, die durch die Relationen verknüpft werden sollen. Wie bereits mehrfach angedeutet, handelt es sich bei diesen Mengen um die Teilgebiete eines Planungsraumes, also z.B. um Stadtteile in einer Stadt. Das folgende Diagramm veranschaulicht graphisch diese Vorstellung.



Die Gesamtfläche sei die Ausdehnung eines Stadtgebietes, die Teilflächen seien Stadtbezirke, zwischen denen Interaktionen (z.B. T_{ij} zwischen Zone i und Zone j) stattfinden. Im Vorgriff auf Kapitel 4/ Testgebiet sei bereits jetzt erwähnt, daß als empirische Basis des Modells "Regioplan" die Stadt Wien mit einer Einteilung in 23 Stadtbezirke diene.

Für die Überlegungen zur funktionalen Form der Relationen zwischen den Zonen gehen wir aus vom Gravitationsprinzip, also von Gleichung (3.1).

Wie schon erwähnt, erscheinen für unsere Zwecke die Arbeitspendler als Interaktionsgröße sinnvoll; damit legen wir fest: die Größe der zwischen der Zone i bzw. j stattfindenden Interaktion ist die Anzahl derjenigen Personen, die in Zone i wohnen und in Zone j arbeiten, kurz: die Arbeitspendler zwischen i und j (abgekürzt: PE_{ij}). Für die "Massen" der einzelnen Zonen gibt es verschiedene Möglichkeiten der Festlegung. Wir verwenden eine auch beim ORL-Modell (Lit. {7}) angewandte Variante,

die folgendermaßen aussieht: das "Gewicht" der Wohnzone i wird durch die in Zone i vorhandene Wohnnutzfläche (S_i), das "Gewicht" der Arbeitszone j durch die Anzahl der dort Beschäftigten (Z_j) repräsentiert ¹⁾.

Schließlich soll die Distanz zwischen zwei Zonen durch die durchschnittliche Fahrtzeit ²⁾ (P_{ij}) von Zone i nach Zone j (bzw. entgegengesetzt) angegeben werden.

Damit können wir schreiben:

$$PE_{ij} = S_i Z_j f(p_{ij}) \quad (3.2)$$

Wir haben noch die Funktion f zu spezifizieren und wählen eine negative Exponentialfunktion, die zusätzlich einen Parameter (k_{ij}) enthält:

$$PE_{ij} = S_i Z_j \exp(-k_{ij} p_{ij}) \quad (3.3)$$

Nun gilt es, den Übergang von Gleichung (3.3) zu unserem Problem: Schätzung der Einwohnerverteilung auf Grund der Beschäftigtenverteilung, zu finden. Dieser ist aber unmittelbar ersichtlich, denn die über die Arbeitszonen j summierten Pendler PE_{ij} ergeben die in der Zone i Erwerbstätigen (C_i), die dann mit der Erwerbsquote auf die Einwohner in Zone i (E_i) hochgerechnet werden können:

$$C_i = \sum_{j=1}^N PE_{ij} \quad i=1, N \quad (3.4)$$

-
- 1) Man unterscheide im Folgenden die Begriffe "Erwerbstätige" und "Beschäftigte". Im einen Fall handelt es sich um den Anteil der Arbeitenden an der Gesamtbevölkerung in einer Zone, im anderen Fall sind damit die in einer Zone tatsächlich Arbeitenden (ungefähr gleich Arbeitsplätze in dieser Zone) gemeint.
 - 2) Die formal exakte Definition der Distanz wird in Abschnitt 3.2.2 gegeben.

$$E_i = \alpha_i C_i = \alpha_i \sum_{j=1}^N PE_{ij} \quad i=1, N \quad (3.5)$$

Andererseits lässt sich die Größe Z_j , d.h. die Zahl der in Zone j Beschäftigten, aus Gleichung (3.5) leicht isolieren:

$$E_i = \alpha_i \sum_{j=1}^N S_i Z_j \exp(-k_{ij} p_{ij}) = \alpha_i S_i \sum_{j=1}^N (\exp(-k_{ij} p_{ij}) Z_j) \quad (i=1, N) \quad (3.6)$$

Aus rechentechnischen Gründen ist es günstig, die Gleichungen (3.6) zu normieren:

$$E_i = \alpha_i \sum_{j=1}^N \frac{S_i \exp(-k_{ij} p_{ij})}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_{tj} p_{tj})} Z_j \quad i=1, N \quad (3.7)$$

Damit haben wir das endgültige Gleichungssystem erhalten:

$$E_i = a_{i1} Z_1 + a_{i2} Z_2 + \dots + a_{iN} Z_N \quad i=1, N \quad (3.8)$$

wobei:

$$a_{ij} = \alpha_i ar_{ij} \quad i=1, N \quad j=1, N \quad (3.9)$$

und

$$ar_{ij} = \frac{S_i \exp(-k_{ij} p_{ij})}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_{tj} p_{tj})} \quad \begin{matrix} i = 1, N \\ j = 1, N \end{matrix} \quad (3.10)$$

Aus Gleichung (3.8) (bzw. dem Gleichungssystem (3.8)) ist der eigentliche Modellansatz zu erkennen: Um den Vektor E der Einwohner E_i zu berechnen (bzw. zu schätzen), hat man zunächst die Matrix der Verteilungskoeffi-

zienten a_{ij} zu schätzen, um danach mittels Produktbildung mit dem vorgegebenen Beschäftigtenvektor $Z = (Z_1, \dots, Z_N)$ den gesuchten Vektor E zu bekommen. In Matrixschreibweise lautet (3.8) also:

$$E = AZ$$

wobei:

$$E = \{E_1, \dots, E_N\}$$

$$\{Z_1, \dots, Z_N\}$$

$$\{a_{ij} \quad i=1, N; \quad j=1, N\}$$

b) Die strukturellen Parameter

Aus dem vorangegangenen Abschnitt geht hervor, daß das Modell zwei strukturelle Parameter aufweist, nämlich einmal die Matrix (k_{ij}) und zum anderen den Vektor (α_i) .

Wenden wir uns zunächst dem Parameter (k_{ij}) zu. Die Berechnung dieses Parameters ist Aufgabe der Kalibrierung. Wir gehen bei der apriori Interpretation von (k_{ij}) davon aus, daß er das Wohnstandortverhalten ausdrückt, und zwar in der Weise, daß ein hoher Parameter k_{ij} bedeutet, daß die Zone i wenig attraktiv als Wohnzone für den in Zone j Arbeitenden ist, während ein niedriger Parameter k_{ij} das umgekehrte bedeutet. Um eine Prognose des Parameters möglich zu machen bzw. diesen Parameter auch als "Planungsvariable" einsetzen zu können, ist es notwendig, den Parameter näher zu analysieren.

Man kann sich diese Aufgabe zunächst dadurch erleichtern, daß man die Matrix (k_{ij}) zu einem Vektor $\{k_i, i=1, N\}$ aggregiert, wobei

$$k_i = \sum_{j=1}^N k_{ij} / N \quad i=1, N.$$

Diese Vereinfachung ist inhaltlich gleichzusetzen mit der Annahme, daß die Attraktivität eines Wohnstandortes in Zone i für einen in Zone j Beschäftigten von einem festen Attraktivitätsparameter k_i der Zone i und von der Fahrtzeit p_{ij} zwischen i und j abhängt, wobei dieser Parameter k_i für die Beschäftigten in allen Zonen identisch ist.

Die Erklärung dieses nun auf eine Zone i bezogenen Parameters k_i (und damit auch eine mögliche Prognose) kann etwa durch Regression erfolgen:

$$k_i = r_0 + r_1 X_{i1} + \dots + r_m X_{im}$$

X_{i1}, \dots, X_{im} : Standortfahrlen in Zone i
z.B. Mietniveau, Umweltqualität, etc.

r_0, \dots, r_m : Regressionskoeffizienten

In dieser Arbeit wurden beide Modellversionen, einmal mit einer Matrix (k_{ij}) und einmal mit einem Vektor (k_i) untersucht. (Vgl. Kap. 5, 7, 9 Regioplan 1 und Regioplan 2.)

Im folgenden Text wird daher unter Modellversion 1 (kurz Version 1) jenes Modell verstanden, das durch die Gleichungen (3.8)-(3.10) und unter Modellversion 2 (oder kurz Version 2) jenes, bei dem die Gleichung (3.10) zu

$$a_{ij} = \frac{S_i \exp(-k_i p_{ij})}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_t p_{tj})} \quad \begin{matrix} j=1, N \\ i=1, N \end{matrix} \quad (3.12)$$

modifiziert ist.¹⁾

Der zweite Satz von strukturellen Parametern ist die Menge der reziproken Erwerbsquoten α_i :

$$\alpha_i = C_i / E_i \quad i=1, N.$$

Der Vektor (α_i) muß zum Unterschied von der Matrix (k_{ij}) nicht kalibriert werden, weil er ja durch die Vektoren (C_i) und (E_i) am Ausgangszeitpunkt berechnet werden kann. Gleichwohl muß aber (α_i) prognostiziert werden, wenn das Planungsmodell für die Vorhersage der Einwohnerverteilung verwendet wird, da in diesem Fall der Vektor (E_i) gesucht ist.

1) Auf eine ausführliche Zusammenstellung der Modellversionen und ihrer Programme im Anhang 11.1 sei hingewiesen.

3.2.2 Die Variablen

Durch die in Abschnitt 3.2.1 vereinbarte Modellstruktur ist die Menge der Variablen praktisch festgelegt. Nachdem aber die Variablenkonfiguration auch dem vorhandenen statistischen Material angepaßt werden muß, gilt die nachfolgende Zusammenstellung der Variablen vorbehaltlich etwaiger Modifikationen durch das Datenmaterial (vgl. Kap.4).

Zur Unterscheidung von endogenen und exogenen Variablen ist zu sagen, daß auch die Modellvariante denkbar wäre, in der die Verteilung der Beschäftigten auf Grund der Verteilung der Einwohner geschätzt werden könnte, wodurch die Beschäftigten zur endogenen Größe und die Einwohner zur exogenen Größe würden, also genau umgekehrt als in dem vorliegenden Modell klassifiziert wären.

Im folgenden sind die Modellvariablen, nach endogenen bzw. exogenen Variablen getrennt und mit dem Abkürzungssymbol versehen, zusammengestellt.

Endogene Variable:

- o Arbeitspendler von Zone i nach Zone j (PE_{ij})
- o Einwohner bzw. Erwerbstätige in Zone i (E_i bzw. C_i)

Exogene Variable:

- o Beschäftigte in Zone j (Z_j)
- o Wohnnutzfläche in Zone i (S_i)
- o Fahrtzeiten zwischen Zone i und Zone j (p_{ij})

Die für die Pendlerfahrten zwischen bzw. innerhalb der Zonen notwendigen Fahrtzeiten wurden gedacht als durchschnittliche Reisezeiten, bezogen auf öffentliche bzw. private Verkehrsmittel:

$$P_{ij} = ms_{ij} (tp_{ij} + tzp_{ij}) + (1 - ms_{ij}) (to_{ij} + tzo_{ij}) \quad i=1, N \quad j=1, N \quad (3.13)$$

Dabei ist:

ms_{ij} : Modal-Split (Anteil der Fahrten mit privaten Verkehrsmitteln am Gesamtverkehrsaufkommen) zwischen Zone i und Zone j

tp_{ij} , to_{ij} : durchschnittliche Reisezeit mit PKW (bzw. mit öff. Verkehrsmittel) von Zone i nach Zone j

$t_{z_{ij}}$, $t_{zo_{ij}}$: Zuschlagzeiten (Wartezeiten, Umsteigezeiten, Gehzeiten)
für PKW-Verkehr bzw. öffentl. Verkehr zwischen Zone i
und Zone j.

P_{ij} : durchschnittliche Fahrtzeit zwischen Zone i und Zone j

4. Testgebiet und Daten

4.1 Testgebiet

Das in Kapitel 3 vorgeschlagene Modell "Regioplan" wurde an Hand von Daten des abgeschlossenen Systems der Stadt Wien ¹⁾ getestet. Das Testgebiet umfaßt ein abgegrenztes Stadtgebiet mit ca. 1,7 Millionen Einwohnern und 23 Teilbezirken, die um eine zentrale Cityzone radial angeordnet sind. Die Einwohnerzahlen der Teilbezirke schwanken zwischen ca. 32.000 (City) und ca. 130.000 (10. Bezirk), die flächenmäßige Ausdehnung variiert zwischen ca. 700.000 m² (6. Bezirk) und ca. 9 Millionen m² (22. Bezirk) ²⁾. Der Zeitraum, auf den sich die Daten beziehen, ist 1960/61.

Diese Wahl von Raum und Zeit der Daten war deshalb notwendig, weil - wie bereits erwähnt - das statistische Material über das ursprünglich vorgesehene Testgebiet Wiener Neustadt nicht in dem für das Modell erforderlichen (Dis-)Aggregationsniveau vorhanden war, d.h. die Daten über Beschäftigte, Wohnbevölkerung, Wohnnutzfläche etc. waren (zum Zeitpunkt der Studie) nur für den Gesamtbereich der Region Wiener Neustadt, nicht aber - etwa nach Zählbezirken - gegliedert existent.

Der folgende Abschnitt gibt Auskunft über das für die Region "Stadt Wien" verfügbare Datenmaterial aus den Jahren 1960/61.

4.2 Vorhandenes statistisches Material

Als Ausgangsdaten für den gewählten Modellansatz (vgl. die Gleichungen (3.8)-(3.10) und (3.12) sowie (3.13) sind folgende Einzeldaten erforderlich (die Symbole V bzw. M zeigen an, ob es sich bei den Größen um Vektoren bzw. Metrizen handelt):

1) Um das System der Stadt Wien in bezug auf die Arbeitspendler-Interaktion zu einem abgeschlossenen System zu machen, wurden die über die Stadtgrenze pendelnden Ein- und Auspendler statistisch eliminiert.

2) Eine ausführliche Dokumentation des Testgebietes und der Ausgangsdaten findet sich im Anhang 11.2.

- Einwohner (zonenweise)	.....	V
- Beschäftigte (zonenweise)	.....	V
- Erwerbsquote (zonenweise)	.....	V
- Wohnnutzfläche (zonenweise)	.....	V
- Fahrtzeiten (priv./öff.) zwischen den Zonen	.....	M
- Zuschlagszeiten (priv./öff.) " " "	.....	M
- Modal-Split zwischen den Zonen	.....	M

Zusätzlich ist es für Kalibrierungszwecke notwendig (vgl. Kap. 5 und 7), die Arbeitspendlerdaten zwischen den Zonen zu beschaffen:

- Arbeitspendler zwischen den Zonen	M
-------------------------------------	-------	---

Die Beschaffung von Einwohner-, Beschäftigten-, Erwerbsquoten-, Nutzflächen und Pendlerdaten brachte keine Probleme mit sich, wohingegen die mit den Transportbedingungen zusammenhängenden Werte nicht vollständig verfügbar waren.

So mußte an Stelle einer Modal-Split-Matrix (ms_{ij}) mit einem durchschnittlichen Modal-Split-Wert ms gearbeitet werden, da für den Zeitraum 1960/61 keine Untersuchungen über den Modal-Split zwischen den Wiener Gemeindebezirken existieren ¹⁾. Dieser Umstand trug dazu bei, die Fahrtzeiten in einem schwer abzuschätzenden Maße zu verzerren und erschwerte damit die Erstellung einer hinreichend gesicherten Datenbasis (vgl. auch Kap. 9).

Trotzdem wurde mit diesem Durchschnittswert gearbeitet, da er erstens eine Approximation der jeweils realen Werte bedeutet und da zweitens angenommen wurde, daß die damit erreichte Genauigkeit für die Zwecke einer Pilot-Studie ausreichen.

Der Vektor der Erwerbsquoten (α_i) $i=1, N$, wurden durch die Quotienten zwischen Erwerbstätigen und Einwohnern per Zone angegeben, also:

$$\alpha_i = C_i / E_i \quad i=1, N \quad (4.0)$$

1) Wohl gibt es Angaben über die Modal-Split-Werte zwischen einzelnen Bezirken, nicht aber die für unseren Ansatz erforderliche Gesamtmatrix (ms_{ij}).

4.3 Anpassung der Modellgleichungen

Die durch das statistische Material erzwungenen Änderungen des Modellansatzes betreffen keine der Strukturgleichungen (3.8) - (3.10) bzw. (3.12), sondern lediglich die durch Gleichung (3.13) festgelegten Reisezeiten p_{ij} (Reduktion der Matrizen (ms_{ij}) , (t_{zp}_{ij}) , (t_{zo}_{ij}) auf die Durchschnittswerte ms , t_{zp} und t_{zo}):

$$P_{ij} = ms (tp_{ij} + t_{zp}) + (1-ms) (to_{ij} + t_{zo}) \quad (4.1)$$

ms ... durchschnittlicher Modal-Split Wert für die gesamte Region
 t_{zp} , t_{zo} ... durchschnittliche Zuschlagszeiten für PKW-Verkehr
 bzw. öffentlichen Verkehr

Die endgültigen Modellversionen bestehen somit aus folgenden Gleichungen:

Version 1: (3.8), (3.9), (3.10), (4.0), (4.1)

Version 2: (3.8), (3.9), (3.12), (4.0), (4.1)

Auf die formelmäßige Zusammenstellung der Modellversionen im Anhang 11.1 sei hingewiesen.

4.4 Symbole und Quellen der Ausgangsdaten

Ein Großteil der Ausgangsdaten wurde den Veröffentlichungen des Wiener Magistrates zur Volkszählung 1961 ("Die Wiener Wohnbevölkerung nach Zählbezirken", Ergebnisse der Volkszählung vom 21. März 1961, herausgegeben vom Magistrat der Stadt Wien) entnommen, die im folgenden bei Quellenangaben kurz mit Zensus 61, Heft Nr. ..., zitiert werden.

Eine Angabe der Zahlenwerte findet sich im Anhang 11.2.

Begriff	Symbol	Quelle
<u>1. Daten über Aktivitäten</u>		
Einwohner in Zone i	E_i	Zensus 61, 1. Heft
Beschäftigte in Zone i	Z_i	Zensus 61, 2. Heft
Erwerbstätige in Zone i	C_i	Zensus 61, 2. Heft
Pendler von Zone i nach Zone j	PE_{ij}	Zensus 61, 2. Heft
<u>2. Daten über Zonennutzung - bzw. -Eignung</u>		
Nutzfläche für Wohnen in Zone i	S_i	Zensus 61, 1. Heft
Mietniveaus in Zone i	MN_i	Zensus 61, 3. Heft
<u>3. Daten über das Verkehrssystem</u>		
Fahrtzeiten zwischen Zone i und Zone J		
öff. Verkehrsmittel	to_{ij}	Eigene Berechnung auf Grund von Kürzeste- Weg-Bäume-Outputs des Modell Polis (Lit {8})
priv. Verkehrsmittel	tp_{ij}	
Durchschnitts-Modal-Split	ms	persönliche Auskunft von Prof. Engl
Terminalzuschläge		
öff. Verkehr	tzo	nach Angaben des ORL-MOD-1 Berichtes (Lit {9})
priv. Verkehr	tzp	

5. Kalibrierung I

5.1 Zum Begriff der Kalibrierung

Es erscheint sinnvoll, sich zunächst über den Begriff und die Aufgabe der Kalibrierung klar zu werden. Dazu folgende Definition: Unter der Kalibrierung eines formalen ökonomischen Modells versteht man die Schätzung (bzw. Berechnung) der strukturellen Parameter des Modells.

Ziel der Kalibrierung ist es, die strukturellen Parameter so zu wählen, daß Modellresultate und empirische Daten möglichst gut übereinstimmen.

In unserem Fall des Modells "Regioplan" sahen wir bereits, daß unter den strukturellen Parametern der Attraktivitätsparameter (k_{ij}) einer Kalibrierung unterzogen werden muß, während der Parameter (α_i) zum Ausgangszeitpunkt einfach errechnet werden kann. Im folgenden betrachten wir demzufolge nur die Kalibrierung des strukturellen Parameters k .

Man hat grundsätzlich zwei Probleme der Kalibrierungen zu unterscheiden (vgl. Lit {10}) :

- o Die Konstruktion einer Kalibrierungsstatistik, die ein Maß für die Güte der Anpassung des Modells an die Realität darstellt.
- o Die Erstellung des eigentlichen Kalibrierungsverfahrens, das die Berechnung (Schätzung) der zu kalibrierenden Parameter unter der Bedingung der Optimierung der Kalibrierungsstatistik zum Ziele hat.

In den folgenden Abschnitten gehen wir zuerst auf die Kalibrierungsstatistik ein, um nach deren Festlegung verschiedene Kalibrierungsverfahren zu untersuchen.

5.2 Kalibrierungsstatistik

Aus dem im Abschnitt 1 Gesagten folgt, daß die Kalibrierungsstatistik eine Funktion ist, die von den strukturellen Parametern abhängig ist und die die Güte der Modellschätzungen widerspiegelt. Die Argumente dieser Statistik, nennen wir sie ST , sind also die Elemente k_{ij} der Matrix des Strukturparameters k :

$$ST = ST(k_{11}, \dots, k_{1N}, \dots, k_{N1}, \dots, k_{NN})$$

Nun erhebt sich die Frage nach der Form der Funktion ST. Welche Größen werden durch das Modell (in beiden Versionen) geschätzt? Offenbar die Pendlermatrix. Denn die Verteilung der Einwohner (bzw. Erwerbstätigen) wird erst durch die Summation der geschätzten Arbeitspendlerwerte berechnet. Das heißt also, daß die gerechneten (geschätzten) Pendlerwerte, nennen wir sie PG_{ij} , mit den beobachteten Pendlerwerten PE_{ij} verglichen werden müssen und daß die Abweichung der Matrix (PG_{ij}) von der Matrix (PE_{ij}) ein Maß für die Schätzgenauigkeit des Modells darstellt. Für die Abweichung dieser Matrizen können wir (unter anderem) schreiben:

$$ST = \text{Max}_{i,j} \{ |PE_{ij} - PG_{ij}| \} \quad (5.1)$$

oder

$$ST(k_{11}, \dots, k_{NN}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (PE_{ij} - PG_{ij})^2 \quad (5.2)$$

wobei also:

PE_{ij} : Beobachtete Zahl der in Zone i wohnhaften und Zone j arbeitenden Pendler

und

$$PG_{ij} = \frac{S_i \exp(-k_{ij} p_{ij})}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_{tj} p_{tj})} Z_j$$

Die Funktionen (5.1) bzw. (5.2) haben offensichtlich die gewünschten Eigenschaften einer Kalibrierungsstatistik. In der Literatur (Lit {10}) wird häufig eine Statistik der Form (5.2) bei Kalibrierung von Interaktionsmodellen vorgeschlagen, während in der vorliegenden Arbeit eine Modifikation der Form (5.1) bevorzugt wird, die folgendermaßen aussieht:

$$ST(k_{11}, \dots, k_{NN}) = \text{Max}_i \{ \sum_{j=1}^N |PE_{ij} - PG_{ij}| \} \quad (5.3)$$

oder auch:

$$ST(k_{11}, \dots, k_{NN}) = \text{Max}_j \left\{ \sum_{i=1}^N |PE_{ij} - PG_{ij}| \right\} \quad (5.4)$$

Es sei noch darauf hingewiesen, daß im Falle der Kalibrierung der Version 2 des Modelles "Regioplan" die Argumentmenge der Funktion (5.3) bzw. (5.4) der Vektor (k_1, \dots, k_N) ist, sodaß die Kalibrierungsstatistik (5.3) etwa so aussieht:

$$ST(k_1, k_2, \dots, k_N) = \text{Max}_i \left\{ \sum_{j=1}^N |PE_{ij} - PG_{ij}| \right\} \quad (5.5)$$

wobei für PG_{ij} natürlich die der Gleichung (3.12) entsprechende Formel einzusetzen ist.

5.3 Kalibrierungsverfahren

Nachdem die Kalibrierungsstatistik festgelegt ist, können wir uns dem eigentlichen Kalibrierungsverfahren zuwenden. Das Kalibrierungsproblem stellt sich hier, wie bereits erwähnt, als Optimierungsaufgabe, und zwar derart, daß die Kalibrierungsstatistik ST als Funktion der strukturellen Parameter minimiert werden soll. Zur Lösung dieses Problems eignen sich in erster Linie Gradientenverfahren (Lit {11}), die auch von Batty und Mackie (Lit {10}) für die Kalibrierung von Interaktionsmodellen empfohlen werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde jedoch ein etwas anderer Weg, der in den folgenden Abschnitten expliziert werden soll, gewählt.

Zunächst wird die Kalibrierung der Modellversion 1 untersucht, da es sich dabei um den einfacheren Kalibrierungsfall handelt; anschließend kommt die Kalibrierung der Version 2 zur Behandlung.

5.3.1 Kalibrierungsverfahren für Modellversion 1

Das Kalibrierungsverfahren für die Version 1 soll eine Matrix (k_{ij}) der strukturellen Parameter liefern, die die Kalibrierungsstatistik

$$ST(k_{11}, \dots, k_{NN}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |PE_{ij} - PG_{ij}| \quad (5.6)$$

minimiert. Bezeichnen wir die Differenz zwischen beobachteten und gerechneten Pendlerwerten mit

$$DPE_{ij} = PE_{ij} - PG_{ij}$$

so können wir sagen: Die Summe (5.6) wird umso kleiner, je kleiner die Summanden, also die Absolutbeträge $|DPE_{ij}|$, werden. Zur Minimierung der Funktion (5.6) haben wir also jedes einzelne Element $|DPE_{ij}|$, $i=1 \dots N$, $j=1 \dots N$, zu minimieren.

Greifen wir ein beliebiges Element heraus und schreiben die explizite Form an:

$$|DPE_{ij}| = \left| PE_{ij} - \frac{S_i \exp(-k_{ij} p_{ij}) Z_j}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_{tj} p_{tj})} \right|,$$

so ist unmittelbar ersichtlich, daß dieses Element durch Änderungen des Parameters k_{ij} wie folgt beeinflusst werden kann:

Erhöhung von k_{ij} : DPE_{ij} wird vergrößert
 Verminderung von k_{ij} : DPE_{ij} wird verkleinert.

Diesen Zusammenhang können wir nun für den Kalibrierungsalgorithmus so verwenden, daß eine iterative Änderung des Parameter k_{ij} in folgender Weise durchgeführt wird:

	$DPE_{ij} < 0$	Erhöhung	
falls	$DPE_{ij} = 0 \Rightarrow$	Gleichbleiben	von k_{ij}
	$DPE_{ij} > 0$	Verminderung	

Dabei sollen die Iterationen so lange weiterlaufen, bis die Kalibrierungsstatistik eine gewisse vorgegebene Fehlerschranke (im Programm Regiokalib 2 ist diese Schranke ER1) unterschreitet. Die Veränderungen der Parameter k_{ij} sollen aber auch nur dann durchgeführt werden, wenn die entsprechenden Fehlerwerte $|DPE_{ij}|$ eine vorgegebene Schranke (im Programm Regiokalib 2 ist diese Schranke ER2) überschreiten.

Der Genauigkeit halber muß hier eingefügt werden, daß im Computerprogramm zur Kalibrierung der Matrix (k_{ij}) (Programm Regiokalib 2) anstelle von DPE_{ij} die Differenz DAR_{ij} verwendet wurde, und zwar aus rechenökonomischen Gründen. Zur Erklärung des Ausdruckes DAR_{ij} :

$$\begin{aligned} DAR_{ij} &= AREX_{ij} - AREN_{ij} && i=1,N \\ AREX_{ij} &= PE_{ij}/Z_i \\ AREN_{ij} &= PG_{ij}/Z_i && j=1,N \end{aligned}$$

Im Unterschied zum Kalibrierungsverfahren für Version 2 (Programm Regiokalib 4) wird bei der Kalibrierung der Version 1 keine Gesamtstatistik, etwa $\sum_{ij} |DAR_{ij}|$ verwendet, sondern es wird bei jedem Iterationsschritt für jedes k_{ij} der entsprechende Fehler DAR_{ij} ausgerechnet und überprüft.

Damit steht die Richtung der k_{ij} - Korrektur fest. Es ist nun noch zu überlegen, mit welcher Schrittgröße die Korrektur vollzogen werden soll. Hier scheint es plausibel (in Anlehnung an Gradientenverfahren), die Korrekturschrittgröße proportional zum Absolutbetrag des Fehlers, also proportional zu $|DAR_{ij}|$ anzusetzen.

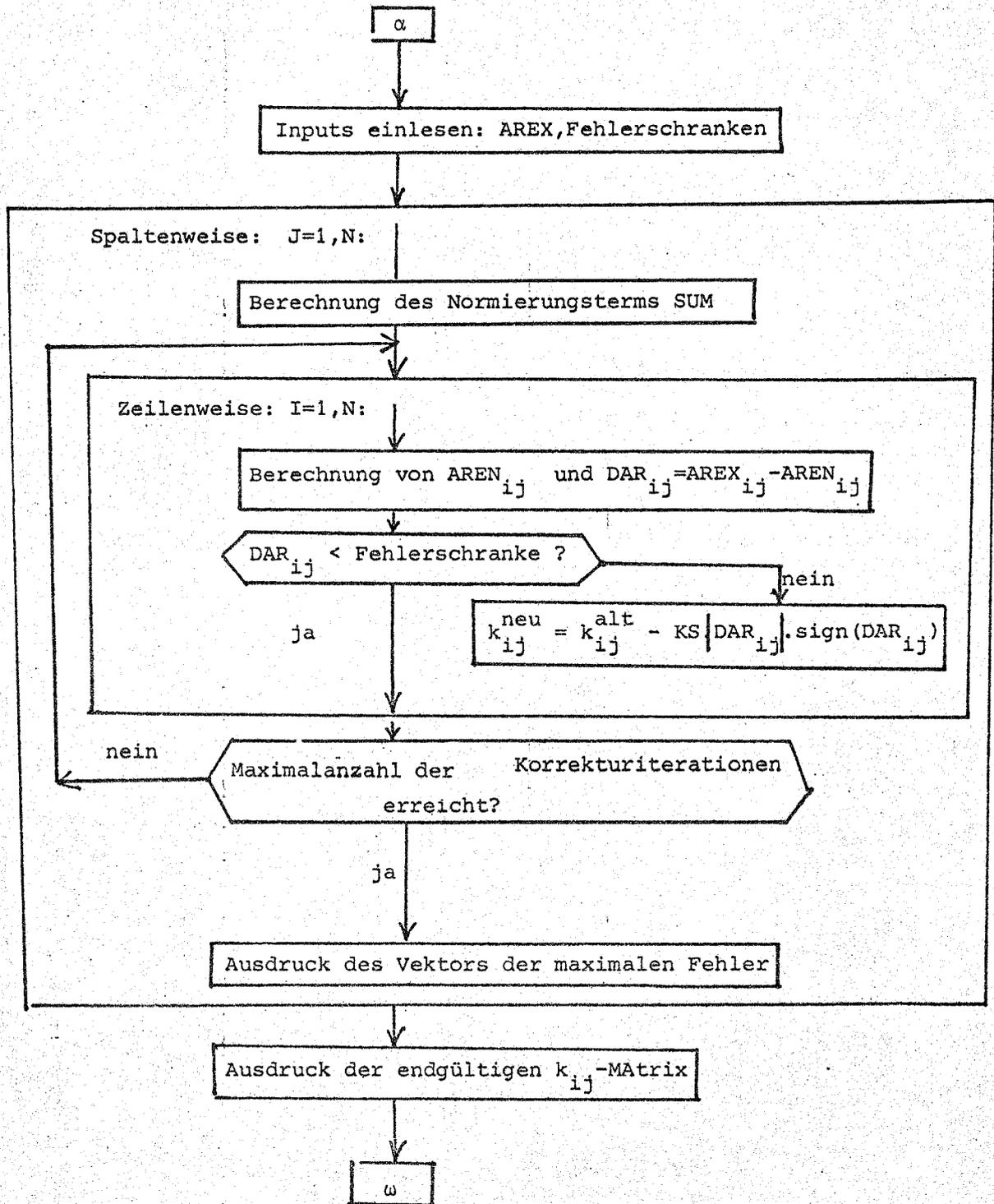
Somit lautet die zentrale Korrekturgleichung unseres Kalibrierungsverfahrens:

$$k_{ij}^{\text{neu}} = k_{ij}^{\text{alt}} - \text{sign}(\text{DAR}_{ij}) \cdot |\text{DAR}_{ij}| \cdot \text{KS} \quad (5.7)$$

wobei KS ein konstanter Faktor zur Skalierung der Korrekturfunktion ist.

Auf Grund der obigen Überlegungen wurde ein Kalibrierungsalgorithmus programmiert (Bezeichnung: Regiokalib 2), dessen Flußdiagramm auf Seite 23 angegeben ist. Den Erläuterungen zum Programm auf Seite 24 folgt das Programm selbst, welches gemeinsam mit den Ergebnissen eines Kalibrierungsversuches (der Output zeigt die Fehlerentwicklung der Iterationen und die kalibrierte k_{ij} -Matrix) wiedergegeben ist.

Flußdiagramm zum Programm Regiokalib 2



Erläuterungen zum Programm Regiokalib 2

1. Teil (ISN 0 - 73): Vereinbarungen und Einlesen der Inputs.

Input: N Anzahl der Planungszonen

ITM	Maximale Zahl der Iterationsschritte
P	Fahrtzeiten P_{ij}
Z	Beschäftigte
S	Wohnnutzflächen
AREX _{ij}	Verteilungskoeffizienten ($= PE_{ij}/Z_j$)
k	Anfangswerte des k-Koeffizienten
ITM1	Maximale Zahl interner Iterationsschritte
KS	Korrekturschrittweite
ER1, ER2	Fehlerschranken

2. Teil (ISN 74 - 126): Spaltenweise Kalibrierung der Matrix (k_{ij}).

Pro Spalte werden folgende Berechnungen durchgeführt:

- Berechnung des Normierungsausdrucks SUM

$$SUM = \sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_{tj} p_{tj})$$

- Zeilenweise Berechnung der Ausdrücke DAR_{ij}

- Korrektur der Elemente k_{ij}

- Überprüfung, ob das maximale Fehlerelement DAR_{ij}^{\max} in der Spalte die Fehlerschranke ER1 unterschritten hat

- Falls die Anzahl der Iterationen ITM noch nicht überschritten hat und der Fehler DAR_{ij}^{\max} noch nicht die gewünschte Schranke unterschritten hat:

Fortfahren der Iteration

3. Teil (ISN 130 - 162): Output

Ausgegeben werden die maximalen Fehler/ Iteration/ Spalte (MAXD2) und abschließend die Matrix (k_{ij}) der kalibrierten Parameter sowie der Vektor (k_i) der zeilenweise gemittelten (k_{ij}).

FORTRAN SOURCE LIST

721E2671. REGIOKALIR2 SOURCE STATEMENT

ISN

0 \$IBFTC MAIN
 C
 C ALGORITHMISIERTE MATRIKKALIBRIERUNG
 C
 C DIESE PROGRAMM GESTATTET EINE ITERATIVE KALIBRIERUNG DER MATRIX DER
 C K-KOEFFIZIENTEN
 C DIE MATRIX DER PENLERRESIDUEN WIRD DURCH DEN KALIBRIERUNGSPROZESS
 C MINIMIERT
 C FAHRZEITEN #3
 C
 C

```

1 REAL AREX(50,50),Z(50),SUM,S(50),K(50,50),P(50,50),AREN(50,50)
2 8,MAXD,DAR(50,50),ERI,ER2,KS,MAXD1,MAXD2(100),PE(50,50)
3 INTEGER I,ZN,ZJ,ZI,N,ZI,YI,ITM,VI,ITN,ITM1,YJ,ZM
4 FORMAT(2I4)
5 101 FORMAT(8F10.1)
6 120 FORMAT(8F10.0)
7 122 FORMAT(8F10.3)
8 123 FORMAT(I4,3F10.5)
9 124 FORMAT(12E10.3)
10 125 FORMAT(1X,12F10.4)
11 129 FORMAT(1X,13,2X,11H ITERATIONEN)
12 130 FORMAT(21H0FEHLERVARIABLE MAXD2)
13 142 FORMAT(14H0GEMITTELTE KI)
14 150 FORMAT(20HOKALIBRIERTE K-WERTE)
15 170 FORMAT(12HOREISEZEITEN)
16 182 FORMAT(31HOKORREKTURSCHRIITGROESSE KS IST,F10.3)
17 190 FORMAT(8H0MAXIMAL,16,2X,11H ITERATIONEN)
18 191 FORMAT(28H0MAXIMALER FEHLER IN PROZENT,F7.1)
19 READ(5,101) N,ITM
20 DO 102 I=1,N
21 READ(5,110) (P(I,J),J=1,N)
22 DO 103 J=1,N
23 PI,J)=P(I,J)
24 CONTINUE
25 CONTINUE
26 READ(5,120) (Z(I),I=1,N)
27 READ(5,120) (S(I),I=1,N)
28 DO 107 I=1,N
29 READ(5,122) (AREX(I,J),J=1,N)
30 DO 106 J=1,N
31 K(I,J)=0.5
32 CONTINUE
33 CONTINUE
34 READ(5,123) ITM1,KS,ER1,ER2
35 WRITE(6,190) ITM
36 WRITE(6,182) KS
37 WRITE(6,191) ERI
38
39 PRINT 140
40 DO 301 ZJ=1,N
41 ZN=0
42 ZN=ZN+1
43 MAXD=0
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

```

SOURCE STATEMENT

```

101 SUM=0
102 DO 302 ZT=1,N
103 SUM=SUM+S(ZT)*EXP(-K(ZT,ZJ)*P(ZT,ZJ))
104 302 CONTINUE
106 DO 300 ZI =1,N
107 AREN(ZI,ZJ)=S(ZI)*EXP(-K(ZI,ZJ)*P(ZI,ZJ))/SUM
110 DAR(ZI,ZJ)=AREX(ZI,ZJ)-AREN(ZI,ZJ)
111 IF(ER2-100.0*ABS(DAR(ZI,ZJ))/AREX(ZI,ZJ)) 401,402,402
112 401 K(ZI,ZJ)=K(ZI,ZJ)-SIGN(KS*DAR(ZI,ZJ),DAR(ZI,ZJ))
113 402 MAXD=AMAX1(MAXD,100.0*ABS(DAR(ZI,ZJ))/AREX(ZI,ZJ))
114 300 CONTINUE
116 MAXD2(ZN)=MAXD
117 IF(ER1-MAXD) 501,701,701
120 501 IF(ITM-ZN) 701,701,203
121 701 WRITE(6,124) (MAXD2(I),I=1,ZN)
126 301 CONTINUE
130 PRINT 150
131 DO 702 I=1,N
132 WRITE(6,125) (K(I,J),J=1,N)
137 WRITE(7,122) (K(I,J),J=1,N)
144 S(I)=0.0
145 DO 600 J=1,N
146 S(I)=S(I)+K(I,J)/23.0
147 600 CONTINUE
151 702 CONTINUE
153 PRINT 142
154 WRITE(6,125) (S(I),I=1,N)
161 STOP
162 END

```

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

OBJECT PROGRAM IS BEING ENTERED INTO STL AGE.

MAXIMAL 150 ITERATIONEN

KORREKTURSCHRIITGRÖSSE KS IST 0.500

MAXIMALER FEHLER IN PROZENT 5.0

FEHLERVARIABLE MAXDZ

10	0.102E 04	0.418E 03	0.264E 03	0.146E 03	0.986E 02	0.981E 02	0.975E 02	0.968E 02	0.959E 02	0.949E 02	0.935E 02	0.919E 02
11	0.898E 02	0.874E 02	0.844E 02	0.809E 02	0.767E 02	0.720E 02	0.667E 02	0.610E 02	0.548E 02	0.486E 02	0.423E 02	0.362E 02
12	0.306E 02	0.254E 02	0.208E 02	0.168E 02	0.135E 02	0.107E 02	0.841E 01	0.658E 01	0.512E 01	0.398E 01		
13	0.100E 03	0.222E 03	0.177E 03	0.117E 03	0.212E 03	0.221E 03	0.218E 03	0.208E 03	0.193E 03	0.178E 03	0.163E 03	0.149E 03
14	0.136E 03	0.124E 03	0.112E 03	0.101E 03	0.930E 02	0.915E 02	0.897E 02	0.877E 02	0.854E 02	0.828E 02	0.798E 02	0.765E 02
15	0.728E 02	0.688E 02	0.646E 02	0.602E 02	0.553E 02	0.505E 02	0.458E 02	0.411E 02	0.365E 02	0.323E 02	0.282E 02	0.245E 02
16	0.212E 02	0.181E 02	0.154E 02	0.131E 02	0.110E 02	0.928E 01	0.777E 01	0.648E 01	0.540E 01	0.449E 01		
17	0.280E 03	0.352E 03	0.275E 03	0.299E 03	0.254E 03	0.205E 03	0.158E 03	0.124E 03	0.100E 03	0.926E 02	0.894E 02	0.851E 02
18	0.796E 02	0.729E 02	0.647E 02	0.556E 02	0.460E 02	0.366E 02	0.280E 02	0.217E 02	0.169E 02	0.130E 02	0.983E 01	0.735E 01
19	0.161E 01	0.538E 01	0.473E 01									
20	0.122E 04	0.987E 03	0.741E 03	0.536E 03	0.417E 03	0.333E 03	0.273E 03	0.226E 03	0.190E 03	0.160E 03	0.136E 03	0.115E 03
21	0.985E 02	0.845E 02	0.727E 02	0.627E 02	0.542E 02	0.470E 02	0.411E 02	0.361E 02	0.319E 02	0.284E 02	0.252E 02	0.227E 02
22	0.204E 02	0.184E 02	0.167E 02	0.152E 02	0.138E 02	0.126E 02	0.115E 02	0.105E 02	0.955E 01	0.873E 01	0.799E 01	0.730E 01
23	0.668E 01	0.612E 01	0.561E 01	0.514E 01	0.471E 01							
24	0.180E 03	0.239E 03	0.464E 03	0.407E 03	0.300E 03	0.235E 03	0.185E 03	0.147E 03	0.119E 03	0.995E 02	0.991E 02	0.987E 02
25	0.980E 02	0.970E 02	0.956E 02	0.935E 02	0.907E 02	0.868E 02	0.816E 02	0.748E 02	0.666E 02	0.572E 02	0.472E 02	0.372E 02
26	0.131E 04	0.804E 03	0.677E 03	0.545E 03	0.444E 03	0.364E 03	0.296E 03	0.242E 03	0.205E 03	0.177E 03	0.153E 03	0.132E 03
27	0.115E 03	0.100E 03	0.973E 02	0.960E 02	0.943E 02	0.918E 02	0.885E 02	0.840E 02	0.782E 02	0.709E 02	0.622E 02	0.524E 02
28	0.423E 02	0.325E 02	0.240E 02	0.184E 02	0.166E 02	0.151E 02	0.137E 02	0.124E 02	0.113E 02	0.104E 02	0.948E 01	0.869E 01
29	0.797E 01	0.731E 01	0.671E 01	0.617E 01	0.567E 01	0.521E 01	0.479E 01					
30	0.837E 03	0.667E 03	0.572E 03	0.568E 03	0.453E 03	0.406E 03	0.360E 03	0.314E 03	0.268E 03	0.228E 03	0.197E 03	0.173E 03
31	0.153E 03	0.136E 03	0.121E 03	0.109E 03	0.994E 02	0.991E 02	0.987E 02	0.981E 02	0.972E 02	0.959E 02	0.940E 02	0.913E 02
32	0.881E 02	0.858E 02	0.832E 02	0.802E 02	0.769E 02	0.731E 02	0.691E 02	0.648E 02	0.602E 02	0.553E 02	0.504E 02	0.454E 02
33	0.404E 02	0.357E 02	0.311E 02	0.269E 02	0.231E 02	0.196E 02	0.165E 02	0.139E 02	0.115E 02	0.0975E 01	0.0910E 01	0.851E 01
34	0.796E 01	0.745E 01	0.697E 01	0.653E 01	0.612E 01	0.574E 01	0.538E 01	0.505E 01	0.474E 01			
35	0.163E 04	0.745E 03	0.593E 03	0.468E 03	0.389E 03	0.334E 03	0.291E 03	0.255E 03	0.222E 03	0.192E 03	0.165E 03	0.141E 03
36	0.121E 03	0.104E 03	0.998E 02	0.998E 02	0.997E 02	0.995E 02	0.993E 02	0.990E 02	0.987E 02	0.983E 02	0.979E 02	0.975E 02
37	0.699E 02	0.961E 02	0.952E 02	0.941E 02	0.928E 02	0.912E 02	0.893E 02	0.871E 02	0.845E 02	0.814E 02	0.780E 02	0.741E 02
38	0.138E 02	0.651E 02	0.600E 02	0.547E 02	0.492E 02	0.438E 02	0.384E 02	0.333E 02	0.285E 02	0.241E 02	0.202E 02	0.168E 02
39	0.228E 03	0.194E 03	0.234E 03	0.211E 03	0.180E 03	0.153E 03	0.132E 03	0.116E 03	0.101E 03	0.986E 02	0.983E 02	0.979E 02
40	0.975E 02	0.970E 02	0.964E 02	0.958E 02	0.950E 02	0.941E 02	0.931E 02	0.919E 02	0.906E 02	0.891E 02	0.874E 02	0.855E 02
41	0.833E 02	0.809E 02	0.782E 02	0.753E 02	0.721E 02	0.688E 02	0.652E 02	0.614E 02	0.576E 02	0.536E 02	0.495E 02	0.455E 02
42	0.414E 02	0.375E 02	0.338E 02	0.302E 02	0.268E 02	0.237E 02	0.208E 02	0.182E 02	0.159E 02	0.138E 02	0.119E 02	0.102E 02
43	0.880E 01	0.754E 01	0.645E 01	0.550E 01	0.469E 01							
44	0.157E 03	0.543E 03	0.165E 03	0.312E 03	0.179E 03	0.211E 03	0.150E 03	0.138E 03	0.116E 03	0.108E 03	0.998E 02	0.996E 02
45	0.994E 02	0.992E 02	0.989E 02	0.984E 02	0.978E 02	0.969E 02	0.958E 02	0.944E 02	0.925E 02	0.901E 02	0.870E 02	0.834E 02
46	0.784E 02	0.731E 02	0.666E 02	0.598E 02	0.526E 02	0.444E 02	0.371E 02	0.303E 02	0.243E 02	0.192E 02	0.157E 02	0.142E 02
47	0.128E 02	0.115E 02	0.103E 02	0.928E 01	0.831E 01	0.743E 01	0.664E 01	0.592E 01	0.528E 01	0.470E 01		
48	0.100E 03	0.254E 03	0.118E 03	0.124E 03	0.100E 03	0.116E 03	0.138E 03	0.146E 03	0.141E 03	0.134E 03	0.134E 03	0.130E 03
49	0.123E 03	0.112E 03	0.101E 03	0.979E 02	0.974E 02	0.967E 02	0.958E 02	0.947E 02	0.934E 02	0.922E 02	0.907E 02	0.891E 02
50	0.874E 02	0.853E 02	0.830E 02	0.804E 02	0.776E 02	0.746E 02	0.711E 02	0.675E 02	0.638E 02	0.599E 02	0.560E 02	0.519E 02
51	0.478E 02	0.437E 02	0.397E 02	0.359E 02	0.321E 02	0.286E 02	0.253E 02	0.223E 02	0.195E 02	0.170E 02	0.148E 02	0.128E 02
52	0.110E 02	0.944E 01	0.809E 01	0.691E 01	0.589E 01	0.502E 01	0.426E 01					
53	0.429E 03	0.460E 03	0.303E 03	0.262E 03	0.202E 03	0.162E 03	0.149E 03	0.131E 03	0.114E 03	0.998E 02	0.976E 02	0.969E 02
54	0.962E 02	0.953E 02	0.943E 02	0.932E 02	0.918E 02	0.903E 02	0.886E 02	0.867E 02	0.846E 02	0.823E 02	0.799E 02	0.771E 02
55	0.742E 02	0.710E 02	0.677E 02	0.643E 02	0.607E 02	0.567E 02	0.529E 02	0.491E 02	0.453E 02	0.415E 02	0.379E 02	0.344E 02
56	0.410E 02	0.278E 02	0.249E 02	0.221E 02	0.196E 02	0.173E 02	0.152E 02	0.133E 02	0.116E 02	0.101E 02	0.881E 01	0.765E 01
57	0.569E 01	0.632E 01	0.596E 01	0.562E 01	0.530E 01	0.500E 01						
58	0.115E 03	0.110E 03	0.266E 03	0.321E 03	0.175E 03	0.171E 03	0.127E 03	0.100E 03	0.100E 03	0.100E 03	0.100E 03	0.100E 03
59	0.999E 02	0.999E 02	0.999E 02	0.999E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02
60	0.993E 02	0.991E 02	0.989E 02	0.987E 02	0.985E 02	0.982E 02	0.978E 02	0.974E 02	0.969E 02	0.963E 02	0.955E 02	0.947E 02
61	0.937E 02	0.925E 02	0.912E 02	0.896E 02	0.877E 02	0.856E 02	0.833E 02	0.806E 02	0.776E 02	0.742E 02	0.705E 02	0.665E 02
62	0.624E 02	0.580E 02	0.535E 02	0.489E 02	0.444E 02	0.399E 02	0.355E 02	0.314E 02	0.275E 02	0.240E 02	0.207E 02	0.178E 02
63	0.152E 02	0.129E 02	0.109E 02	0.922E 01	0.775E 01	0.650E 01	0.543E 01	0.453E 01	0.379E 01	0.313E 01	0.257E 01	0.207E 01
64	0.710E 03	0.112E 03	0.339E 03	0.175E 03	0.266E 03	0.281E 03	0.229E 03	0.266E 03	0.240E 03	0.213E 03	0.192E 03	0.174E 03

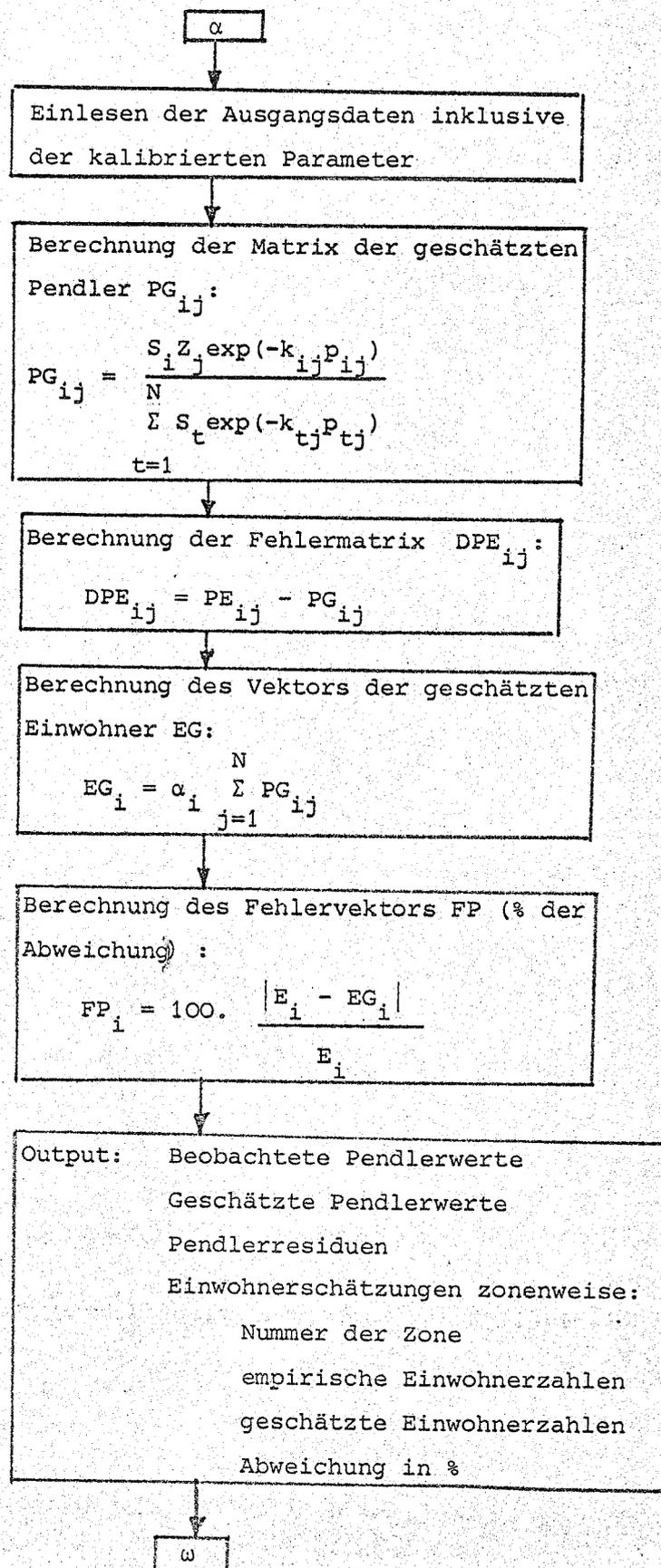
4	0.111E 02	0.103E 02	0.960E 01	0.891E 01	0.827E 01	0.768E 01	0.712E 01	0.660E 01	0.610E 01	0.566E 01	0.524E 01	0.485E 01
5	0.812E 03	0.204E 03	0.332E 03	0.329E 03	0.320E 03	0.300E 03	0.273E 03	0.244E 03	0.215E 03	0.199E 03	0.180E 03	0.173E 03
6	0.162E 03	0.150E 03	0.139E 03	0.127E 03	0.116E 03	0.105E 03	0.100E 03	0.100E 03	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02
7	0.999E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.997E 02	0.997E 02	0.996E 02	0.994E 02	0.993E 02	0.991E 02	0.988E 02	0.985E 02
8	0.981E 02	0.976E 02	0.970E 02	0.962E 02	0.951E 02	0.939E 02	0.923E 02	0.904E 02	0.880E 02	0.852E 02	0.819E 02	0.779E 02
9	0.733E 02	0.682E 02	0.625E 02	0.565E 02	0.502E 02	0.438E 02	0.376E 02	0.318E 02	0.264E 02	0.242E 02	0.228E 02	0.214E 02
10	0.201E 02	0.188E 02	0.176E 02	0.165E 02	0.154E 02	0.143E 02	0.134E 02	0.124E 02	0.116E 02	0.108E 02	0.100E 02	0.928E 01
11	0.861E 01	0.798E 01	0.740E 01	0.685E 01	0.634E 01	0.587E 01	0.543E 01	0.502E 01	0.464E 01			
12	0.410E 03	0.433E 03	0.419E 03	0.384E 03	0.351E 03	0.323E 03	0.300E 03	0.280E 03	0.263E 03	0.247E 03	0.232E 03	0.218E 03
13	0.203E 03	0.188E 03	0.173E 03	0.157E 03	0.141E 03	0.126E 03	0.111E 03	0.100E 03	0.999E 02	0.999E 02	0.999E 02	0.999E 02
14	0.999E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.996E 02	0.995E 02	0.993E 02	0.992E 02	0.989E 02	0.986E 02	0.982E 02	0.977E 02
15	0.971E 02	0.963E 02	0.954E 02	0.941E 02	0.933E 02	0.925E 02	0.916E 02	0.906E 02	0.895E 02	0.885E 02	0.870E 02	0.855E 02
16	0.839E 02	0.822E 02	0.804E 02	0.785E 02	0.763E 02	0.740E 02	0.717E 02	0.692E 02	0.666E 02	0.640E 02	0.612E 02	0.584E 02
17	0.555E 02	0.525E 02	0.496E 02	0.466E 02	0.436E 02	0.407E 02	0.379E 02	0.351E 02	0.324E 02	0.299E 02	0.274E 02	0.251E 02
18	0.229E 02	0.208E 02	0.189E 02	0.171E 02	0.155E 02	0.139E 02	0.125E 02	0.113E 02	0.101E 02	0.906E 01	0.811E 01	0.725E 01
19	0.647E 01	0.577E 01	0.515E 01	0.458E 01								
20	0.189E 03	0.168E 03	0.172E 03	0.145E 03	0.136E 03	0.126E 03	0.117E 03	0.110E 03	0.104E 03	0.100E 03	0.100E 03	0.100E 03
21	0.133E 03	0.128E 03	0.118E 03	0.108E 03	0.100E 03	0.099E 02						
22	0.999E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.997E 02	0.995E 02	0.994E 02	0.994E 02	0.994E 02	0.993E 02	0.992E 02	0.989E 02	0.985E 02
23	0.973E 02	0.965E 02	0.955E 02	0.942E 02	0.927E 02	0.906E 02	0.882E 02	0.853E 02	0.816E 02	0.773E 02	0.724E 02	0.685E 02
24	0.659E 02	0.632E 02	0.604E 02	0.576E 02	0.548E 02	0.520E 02	0.491E 02	0.462E 02	0.434E 02	0.406E 02	0.379E 02	0.352E 02
25	0.326E 02	0.301E 02	0.277E 02	0.255E 02	0.233E 02	0.213E 02	0.194E 02	0.176E 02	0.160E 02	0.145E 02	0.131E 02	0.118E 02
26	0.107E 02	0.959E 01	0.862E 01	0.774E 01	0.694E 01	0.622E 01	0.557E 01	0.498E 01				
27	0.343E 03	0.204E 03	0.185E 03	0.169E 03	0.159E 03	0.145E 03	0.129E 03	0.119E 03	0.110E 03	0.102E 03	0.104E 03	0.101E 03
28	0.100E 03	0.100E 03	0.100E 03	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02
29	0.97E 02	0.966E 02	0.965E 02	0.965E 02	0.965E 02	0.964E 02	0.964E 02	0.964E 02	0.964E 02	0.964E 02	0.964E 02	0.964E 02
30	0.988E 02	0.987E 02	0.986E 02	0.986E 02	0.985E 02	0.982E 02	0.980E 02	0.978E 02	0.976E 02	0.973E 02	0.971E 02	0.968E 02
31	0.966E 02	0.963E 02	0.959E 02	0.956E 02	0.952E 02	0.948E 02	0.943E 02	0.938E 02	0.933E 02	0.927E 02	0.921E 02	0.915E 02
32	0.908E 02	0.900E 02	0.892E 02	0.883E 02	0.874E 02	0.864E 02	0.853E 02	0.841E 02	0.829E 02	0.816E 02	0.803E 02	0.788E 02
33	0.773E 02	0.757E 02	0.741E 02	0.723E 02	0.705E 02	0.687E 02	0.667E 02	0.647E 02	0.627E 02	0.605E 02	0.584E 02	0.562E 02
34	0.540E 02	0.518E 02	0.495E 02	0.473E 02	0.451E 02	0.429E 02	0.407E 02	0.385E 02	0.364E 02	0.344E 02	0.324E 02	0.304E 02
35	0.285E 02	0.267E 02	0.250E 02	0.234E 02	0.218E 02	0.203E 02	0.188E 02	0.175E 02	0.162E 02	0.150E 02	0.139E 02	0.128E 02
36	0.119E 02	0.109E 02	0.101E 02	0.092E 01	0.0855E 01	0.0787E 01	0.0723E 01	0.0664E 01	0.0610E 01	0.0560E 01	0.0514E 01	0.0471E 01
37	0.114E 03	0.109E 03	0.105E 03	0.101E 03	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.099E 02	0.098E 03	0.098E 03	0.098E 03	0.098E 03
38	0.116E 03	0.113E 03	0.109E 03	0.103E 03	0.099E 02	0.099E 02	0.098E 02	0.098E 02	0.098E 02	0.0977E 02	0.0977E 02	0.0968E 02
39	0.962E 02	0.955E 02	0.947E 02	0.937E 02	0.926E 02	0.914E 02	0.899E 02	0.884E 02	0.868E 02	0.842E 02	0.813E 02	0.791E 02
40	0.762E 02	0.730E 02	0.695E 02	0.663E 02	0.640E 02	0.616E 02	0.592E 02	0.568E 02	0.543E 02	0.518E 02	0.492E 02	0.467E 02
41	0.442E 02	0.417E 02	0.392E 02	0.368E 02	0.345E 02	0.322E 02	0.300E 02	0.279E 02	0.259E 02	0.240E 02	0.222E 02	0.204E 02
42	0.188E 02	0.173E 02	0.159E 02	0.145E 02	0.133E 02	0.121E 02	0.111E 02	0.101E 02	0.091E 02	0.0836E 01	0.0760E 01	0.0690E 01
43	0.526E 01	0.568E 01	0.514E 01	0.466E 01								
44	0.163E 03	0.518E 03	0.277E 03	0.226E 03	0.199E 03	0.173E 03	0.150E 03	0.129E 03	0.116E 03	0.127E 03	0.131E 03	0.129E 03
45	0.122E 03	0.114E 03	0.104E 03	0.985E 02	0.983E 02	0.981E 02	0.980E 02	0.978E 02	0.976E 02	0.973E 02	0.971E 02	0.968E 02
46	0.965E 02	0.962E 02	0.959E 02	0.956E 02	0.952E 02	0.948E 02	0.944E 02	0.939E 02	0.935E 02	0.929E 02	0.923E 02	0.918E 02
47	0.911E 02	0.905E 02	0.898E 02	0.890E 02	0.882E 02	0.874E 02	0.865E 02	0.855E 02	0.845E 02	0.834E 02	0.823E 02	0.811E 02
48	0.799E 02	0.785E 02	0.772E 02	0.757E 02	0.742E 02	0.727E 02	0.711E 02	0.694E 02	0.677E 02	0.659E 02	0.641E 02	0.622E 02
49	0.603E 02	0.583E 02	0.564E 02	0.544E 02	0.524E 02	0.504E 02	0.483E 02	0.463E 02	0.443E 02	0.423E 02	0.404E 02	0.384E 02
50	0.365E 02	0.347E 02	0.329E 02	0.311E 02	0.294E 02	0.277E 02	0.261E 02	0.246E 02	0.231E 02	0.217E 02	0.203E 02	0.191E 02
51	0.178E 02	0.167E 02	0.156E 02	0.145E 02	0.135E 02	0.126E 02	0.117E 02	0.109E 02	0.101E 02	0.0941E 01	0.0874E 01	0.0811E 01
52	0.752E 01	0.697E 01	0.645E 01	0.598E 01	0.553E 01	0.512E 01	0.473E 01					
53	0.100E 03	0.287E 03	0.218E 03	0.186E 03	0.167E 03	0.151E 03	0.133E 03	0.113E 03	0.104E 03	0.142E 03	0.159E 03	0.171E 03
54	0.179E 03	0.183E 03	0.182E 03	0.179E 03	0.174E 03	0.167E 03	0.159E 03	0.151E 03	0.142E 03	0.129E 03	0.126E 03	0.116E 03
55	0.111E 03	0.102E 03	0.972E 02	0.895E 02	0.841E 02	0.808E 02	0.791E 02	0.775E 02	0.757E 02	0.738E 02	0.719E 02	0.719E 02
56	0.698E 02	0.677E 02	0.656E 02	0.633E 02	0.610E 02	0.586E 02	0.562E 02	0.538E 02	0.513E 02	0.489E 02	0.464E 02	0.440E 02
57	0.415E 02	0.398E 02	0.384E 02	0.371E 02	0.359E 02	0.346E 02	0.334E 02	0.321E 02	0.309E 02	0.298E 02	0.286E 02	0.275E 02
58	0.264E 02	0.253E 02	0.243E 02	0.233E 02	0.223E 02	0.214E 02	0.204E 02	0.196E 02	0.187E 02	0.179E 02	0.171E 02	0.163E 02
59	0.155E 02	0.148E 02	0.141E 02	0.135E 02	0.128E 02	0.122E 02	0.116E 02	0.111E 02	0.105E 02	0.100E 02	0.0952E 01	0.0905E 01
60	0.860E 01	0.817E 01	0.776E 01	0.737E 01	0.699E 01	0.664E 01	0.630E 01	0.597E 01	0.566E 01	0.537E 01	0.509E 01	0.483E 01
61	0.100E 03	0.100E 03	0.221E 03	0.123E 03	0.161E 03	0.219E 03	0.308E 03	0.501E 03	0.313E 03	0.270E 03	0.248E 03	0.213E 03
62	0.194E 03	0.174E 03	0.159E 03	0.145E 03	0.134E 03	0.123E 03	0.114E 03	0.105E 03	0.992E 02	0.990E 02	0.986E 02	0.982E 02
63	0.978E 02	0.974E 02	0.969E 02	0.964E 02	0.958E 02	0.951E 02	0.944E 02	0.935E 02	0.927E 02	0.917E 02	0.904E 02	0.892E 02
64	0.879E 02	0.865E 02	0.849E 02	0.832E 02	0.814E 02	0.794E 02	0.773E 02	0.750E 02	0.725E 02	0.699E 02	0.672E 02	0.643E 02
65	0.613E 02	0.582E 02	0.551E 02	0.519E 02	0.486E 02	0.454E 02	0.422E 02	0.391E 02	0.361E 02	0.331E 02	0.303E 02	0.276E 02
66	0.251E 02	0.227E 02	0.205E 02	0.185E 02	0.169E 02	0.153E 02	0.139E 02	0.126E 02	0.114E 02	0.102E 02	0.0924E 01	0.0831E 01
67	0.748E 01	0.672E 01	0.603E 01	0.541E 01	0.495E 01							
68	0.100E 03	0.145E 03	0.214E 03	0.173E 03	0.154E 03	0.141E 03	0.150E 03	0.153E 03	0.148E 03	0.140E 03	0.127E 03	0.114E 03
69	0.999E 02	0.998E 02	0.998E 02	0.997E 02	0.996E 02	0.995E 02	0.993E 02	0.991E 02	0.989E 02	0.986E 02	0.984E 02	0.982E 02
70	0.979E 02	0.976E 02	0.973E 02	0.969E 02	0.965E 02	0.961E 02	0.950E 02	0.952E 02	0.946E 02	0.940E 02	0.933E 02	0.927E 02

Der Kalibrierungsalgorithmus Regiokalib 2 zeigte befriedigende Ergebnisse. Wie aus dem Output der Entwicklung des maximalen Fehlers (spaltenweise errechnet) ersichtlich, konnte dieser jeweils unter die vorgegebene 5%-Grenze gedrückt werden. Das ist jedoch ein fast triviales Ergebnis, da es hier lediglich auf die geeignete Wahl der Anfangswerte der k_{ij} ankommt. Auf das hier vernachlässigte Problem der Anfangswerte soll im nächsten Abschnitt näher eingegangen werden.

Zur Überprüfung der kalibrierten Strukturparameter (k_{ij}) wurde ein Test (Regioplan 1) mit dem Modell der Version 1 absolviert, wobei die Matrix der empirischen (beobachteten) Pendlerwerte, die Pendlerresiduen (d.h. die Matrix (DPE_{ij})), die empirischen Einwohnerdaten und die geschätzten Einwohnerdaten bzw. deren Abweichung in Prozent ausgegeben wurden. Das Flußdiagramm Regioplan 1 und der Programmoutput stellen Vorgangsweise und Ergebnisse zusammen.

Wie aus dem Output ersichtlich, erfolgten sowohl die Pendler- als auch die Einwohnerschätzungen mit der erwarteten Genauigkeit.

Flußdiagramm für REGIOPLAN 1



721E2671. REGIOPLANI FORTRAN SOURCE LIST 09/10/73 PAGE 2

```

3  ISN SOURCE STATEMENT
4  O SIBFC MAIN
5  C
6  C
7  C
8  C
9  C
10 C
11 C
12 C
13 C
14 C
15 C
16 C
17 C
18 C
19 C
20 C
21 C
22 C
23 C
24 C
25 C
26 C
27 C
28 C
29 C
30 C
31 C
32 C
33 C
34 C
35 C
36 C
37 C
38 C
39 C
40 C
41 C
42 C
43 C
44 C
45 C
46 C
47 C
48 C
49 C
50 C
51 C
52 C
53 C
54 C
55 C
56 C
57 C
58 C
59 C
60 C

BERECHNUNG DER VERTEILUNG DER WOHNBEVÖLKERUNG AUF GRUND
DER VERTEILUNG DER ARBEITSPLÄTZE
DIESES PROGRAMM VERWENDET EINE K(I,J)-MATRIX
FAHRTZEITEN F3

REAL PE(23,23),PG(23,23),S(23),Z(23),K(23),KO(23),P(23,23),
BOPE(23,23),E(23),EG(23),ALPHA(23),FP(23),PF(23,23)
INTEGER I,J,N
FORMAT(I4)
3 100
4 101 FOPMAT(8F10.3)
5 102 FOPMAT(8F10.0)
6 103 FOPMAT(12F10.3)
7 108 FOPMAT(8F10.4)
10 109 FOPMAT(12F10.0)
11 104 FOPMAT(25HOGESCHAETZTE PENDLERWERTE)
12 105 FOPMAT(29HOATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN)
13 106 FOPMAT(25HOBEOBACHTETE PENDLERWERTE)
14 107 FOPMAT(16HOPENDLERRESTDUEN)
15 150 FOPMAT(5HOZONE,I4)
16 151 FOPMAT(2X,20HEINWOHNER REAL ,F10.0)
17 152 FOPMAT(2X,20HEINWOHNER GESCHAETZT,F10.0)
20 153 FOPMAT(2X,21HABWEICHUNG IN PROZENT,F8.2)
21 154 FOPMAT(13HOKONSTANTE KO)
C
22 READ(5,100) N
24 DO 110 I=1,N
25 READ(5,101) (P(I,J),J=1,N)
32 DO 111 J=1,N
33 P(J,I)=P(I,J)
34 111 CONTINUE
36 110 CONTINUE
40 DO 112 I=1,N
41 READ(5,102) (PE(I,J),J=1,N)
46 112 CONTINUE
50 READ(5,102) (S(I),I=1,N)
55 READ(5,102) (Z(I),I=1,N)
62 READ(5,102) (E(I),I=1,N)
67 READ(5,101) (ALPHA(I),I=1,N)
74 DO 500 I=1,N
75 READ(5,101) (PF(I,J),J=1,N)
102 500 CONTINUE
104 PRINT 106
105 DO 120 I=1,N
106 WRITE(6,109) (PE(I,J),J=1,N)
113 120 CONTINUE
C
115 PRINT 104
116 DO 199 I=1,N
117 EG(I)=0.0
120 199 CONTINUE

```

SOURCE STATEMENT

ISN

```

122 DO 201 J=1,N
123 SUM=0.0
124 DO 200 I=1,N
125 SUM=SUM+S(I)*EXP(-PF(I,J)*P(I,J))
126 CONTINUE
127 200
128 DO 202 I=1,N
129 PG(I,J)=S(I)*Z(J)*EXP(-PF(I,J)*P(I,J))/SUM
130 DPE(I,J)=PE(I,J)-PG(I,J)
131 EG(I)=EG(I)+PG(I,J)*ALPHA(I)
132 CONTINUE
133 202
134 CONTINUE
135 201
136 CONTINUE
137 DO 203 I=1,N
138 WRITE(6,109) (PG(I,J),J=1,N)
139 CONTINUE
140 PRINT 107
141 DO 210 I=1,N
142 WRITE(6,109) (DPE(I,J),J=1,N)
143 CONTINUE
144 210
145 DO 250 I=1,N
146 FP(I)=100.0*ARS(E(I)-EG(I))/E(I)
147 WRITE(6,150) I
148 WRITE(6,151) E(I)
149 WRITE(6,152) EG(I)
150 WRITE(6,153) FP(I)
151 CONTINUE
152 STOP
153 END

```

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48

OBJECT PROGRAM IS BEING ENTERED INTO STORAGE.

7	BEGBACHTETE PENDINGWERTE	721.	422.	214.	363.	450.	257.	643.	266.	147.	151.
8	10824.	435.	175.	118.	106.	146.	148.	111.	61.	43.	941.
9	77.	136.	1515.	1332.	1532.	1983.	901.	2636.	1563.	869.	1078.
10	10952.	16386.	887.	659.	611.	1019.	1998.	1239.	858.	287.	488.
11	419.	768.	1825.	1210.	1536.	1794.	835.	1888.	2171.	1888.	1454.
12	11325.	1784.	792.	471.	434.	622.	710.	509.	333.	338.	578.
13	418.	746.	7311.	930.	822.	779.	356.	801.	1187.	334.	461.
14	4960.	504.	306.	179.	167.	262.	237.	155.	120.	164.	337.
15	5612.	295.	1628.	9524.	1880.	1649.	619.	1211.	2092.	508.	1454.
16	222.	768.	407.	407.	303.	453.	235.	235.	162.	283.	337.
17	3661.	429.	752.	752.	7295.	1444.	376.	763.	588.	207.	578.
18	261.	414.	227.	227.	191.	231.	243.	144.	80.	144.	461.
19	3976.	421.	463.	463.	1155.	8825.	713.	871.	503.	223.	337.
20	221.	502.	319.	319.	248.	291.	234.	158.	86.	95.	534.
21	3560.	363.	356.	356.	580.	1165.	5381.	1005.	348.	154.	2666.
22	163.	286.	412.	412.	226.	246.	184.	122.	70.	91.	461.
23	6928.	829.	552.	551.	887.	1247.	1072.	10891.	651.	271.	937.
24	281.	485.	768.	768.	798.	1072.	724.	455.	163.	178.	1300.
25	8377.	807.	2792.	2685.	2291.	2631.	875.	1888.	25410.	2259.	1874.
26	684.	1099.	1017.	672.	504.	607.	813.	509.	294.	1048.	1378.
27	2523.	525.	609.	486.	590.	635.	252.	607.	1562.	10486.	650.
28	101.	270.	264.	154.	135.	197.	241.	194.	146.	160.	502.
29	5699.	807.	1253.	1746.	1750.	2002.	656.	1421.	2296.	587.	471.
30	1153.	1242.	426.	532.	426.	2002.	521.	282.	168.	982.	744.
31	4468.	392.	664.	607.	896.	1045.	430.	896.	548.	168.	445.
32	8011.	1060.	245.	245.	178.	261.	215.	116.	76.	370.	340.
33	5527.	666.	891.	891.	1390.	2004.	667.	1303.	1019.	357.	1099.
34	1368.	666.	1390.	655.	385.	509.	429.	255.	129.	288.	178.
35	6069.	868.	1201.	1201.	2135.	3198.	834.	1534.	1336.	516.	1378.
36	883.	2304.	832.	832.	541.	687.	523.	352.	178.	378.	650.
37	7226.	1038.	1176.	1176.	1923.	3308.	1462.	2496.	1304.	531.	502.
38	655.	2380.	2930.	1036.	1036.	1039.	688.	465.	239.	426.	471.
39	4538.	616.	621.	943.	943.	1446.	782.	1622.	631.	268.	744.
40	323.	803.	9830.	1200.	1200.	681.	437.	264.	148.	182.	445.
41	5808.	624.	657.	526.	814.	1165.	697.	264.	148.	268.	340.
42	263.	507.	1155.	1155.	9055.	1064.	2169.	249.	589.	253.	1099.
43	6288.	737.	831.	831.	831.	1135.	454.	249.	132.	152.	178.
44	210.	471.	537.	537.	11163.	11163.	676.	2172.	531.	221.	471.
45	5953.	2720.	827.	1037.	1037.	1434.	687.	337.	136.	147.	744.
46	304.	591.	749.	749.	639.	1006.	639.	337.	1006.	521.	445.
47	4801.	1760.	572.	572.	10345.	1576.	10345.	1499.	495.	200.	340.
48	180.	358.	1670.	812.	812.	1135.	566.	1668.	891.	362.	445.
49	3362.	1677.	376.	376.	328.	817.	1967.	16231.	891.	121.	445.
50	126.	290.	461.	461.	792.	792.	334.	917.	630.	441.	340.
51	1689.	177.	341.	215.	191.	421.	795.	1537.	10317.	81.	1099.
52	512.	354.	372.	372.	430.	509.	209.	394.	854.	178.	10402.
53	422.	207.	123.	71.	71.	111.	98.	78.	56.	56.	10402.

GESCHAEITZE PENDERWERTE

55	10893.	449.	733.	431.	227.	351.	455.	249.	634.	278.	156.	160.
56	67.	141.	206.	160.	110.	113.	146.	140.	102.	62.	47.	
57	10964.	16344.	4175.	1512.	1343.	1510.	1967.	897.	2616.	1589.	867.	938.
58	410.	765.	1031.	899.	672.	609.	1028.	2000.	1247.	858.	283.	
59	11348.	1800.	21756.	1831.	1217.	1537.	1785.	832.	1899.	2152.	1901.	1067.
60	409.	730.	1010.	805.	466.	432.	621.	717.	514.	336.	334.	
61	5015.	508.	1381.	7333.	928.	850.	792.	350.	797.	1204.	329.	503.
62	228.	298.	395.	301.	176.	169.	265.	229.	156.	124.	164.	
63	5598.	758.	1812.	1630.	9524.	1891.	1632.	625.	1221.	2110.	506.	1451.
64	445.	629.	1042.	636.	399.	294.	455.	396.	227.	168.	279.	
65	3641.	413.	959.	768.	764.	7278.	1477.	372.	766.	586.	216.	576.
66	258.	410.	718.	397.	222.	188.	239.	257.	150.	77.	148.	
67	4010.	424.	951.	540.	489.	1178.	8776.	736.	896.	534.	219.	470.
68	226.	505.	872.	669.	314.	240.	291.	228.	153.	90.	98.	
69	3615.	352.	851.	433.	370.	593.	1222.	5378.	1023.	321.	154.	325.
70	155.	298.	404.	566.	310.	223.	240.	185.	128.	74.	82.	
71	6942.	838.	1463.	757.	555.	871.	1262.	918.	10909.	661.	254.	529.
	275.	499.	729.	773.	578.	797.	1074.	721.	459.	169.	179.	
	8185.	1387.	3834.	2788.	2704.	2271.	2628.	877.	1910.	25402.	2250.	2662.
3	706.	1084.	1705.	1045.	669.	504.	606.	815.	503.	289.	1039.	
4	2534.	545.	2419.	601.	466.	583.	625.	250.	595.	1581.	10516.	472.
5	101.	258.	392.	260.	154.	130.	192.	227.	205.	155.	166.	
6	5649.	791.	1858.	1251.	1727.	1743.	1992.	665.	1439.	2303.	581.	14537.
7	1162.	1231.	2031.	822.	527.	428.	486.	535.	282.	167.	976.	941.
8	4459.	393.	1031.	645.	621.	912.	1033.	430.	893.	533.	164.	
9	8009.	1050.	839.	498.	244.	186.	263.	204.	124.	75.	361.	
10	5473.	680.	1544.	916.	901.	1410.	2011.	665.	1296.	1021.	350.	1313.
11	6017.	13445.	2752.	1373.	658.	385.	497.	435.	249.	123.	286.	
12	886.	868.	1854.	1066.	1199.	2149.	3217.	838.	1523.	1339.	521.	1894.
13	1368.	13445.	14954.	1642.	844.	541.	699.	535.	348.	180.	376.	
14	2291.	868.	2291.	1642.	1168.	1904.	3288.	1449.	2480.	1303.	529.	1359.
15	1042.	1042.	2235.	1210.	2941.	1035.	1019.	688.	454.	243.	428.	
16	2385.	616.	1199.	657.	606.	936.	1464.	777.	1614.	622.	258.	645.
17	4589.	795.	898.	2291.	9828.	1206.	693.	437.	251.	153.	179.	
18	334.	612.	1264.	656.	527.	816.	1171.	697.	2149.	581.	256.	504.
19	5813.	501.	653.	905.	1153.	9064.	1065.	465.	254.	136.	149.	
20	6270.	765.	1203.	793.	491.	842.	1116.	680.	2133.	513.	212.	470.
21	207.	466.	610.	570.	536.	827.	11154.	697.	329.	136.	151.	
22	5960.	2721.	2020.	842.	740.	1033.	1429.	637.	2417.	990.	515.	743.
23	314.	589.	785.	707.	573.	599.	1573.	10331.	1482.	493.	202.	440.
24	4868.	1761.	1691.	759.	552.	816.	1130.	572.	1694.	623.	370.	
25	171.	355.	572.	494.	381.	329.	821.	1973.	16296.	887.	117.	
26	3302.	1677.	1377.	556.	454.	800.	800.	332.	915.	614.	438.	334.
27	114.	287.	362.	336.	218.	184.	430.	787.	1512.	10281.	81.	
28	1692.	183.	612.	394.	366.	416.	503.	203.	370.	868.	177.	1102.
29	522.	353.	437.	191.	127.	70.	115.	87.	73.	61.	10433.	

PENDLERRESIDUEN

31	-14.	-12.	-9.	-13.	12.	-5.	8.	9.	-12.	-9.	-9.
32	-69.	2.	15.	8.	-7.	0.	8.	9.	-1.	-4.	-4.
33	10.	13.	3.	-11.	22.	16.	14.	20.	-26.	2.	3.
34	-12.	16.	-12.	-14.	2.	9.	-2.	-8.	0.	4.	4.
35	9.	3.	-6.	-7.	-1.	9.	3.	-11.	19.	-13.	11.
36	-23.	-3.	-13.	5.	2.	1.	-7.	-5.	-3.	4.	4.
37	9.	-8.	-22.	-13.	-28.	-13.	6.	4.	-17.	5.	-15.
38	-55.	-46.	5.	2.	-2.	-3.	8.	-1.	-4.	-0.	3.
39	-6.	17.	5.	3.	-11.	17.	-6.	-10.	-18.	2.	2.
40	14.	-6.	-2.	0.	9.	9.	3.	-8.	-6.	4.	4.
41	5.	-9.	0.	8.	17.	0.	4.	-3.	2.	-9.	2.
42	20.	-48.	-17.	-12.	3.	-33.	3.	-6.	3.	-4.	-4.
43	3.	-12.	14.	5.	3.	8.	-23.	-25.	-31.	4.	4.
44	-34.	-3.	-0.	-26.	-23.	49.	-14.	-18.	-27.	-3.	-9.
45	-5.	8.	-21.	-14.	-13.	-0.	6.	5.	27.	-0.	12.
46	-55.	-43.	-14.	-14.	3.	-57.	-1.	-6.	-4.	17.	5.
47	8.	-5.	-14.	-4.	16.	-15.	-14.	-18.	-10.	17.	17.
48	-14.	-9.	11.	-4.	1.	-2.	3.	-4.	-6.	8.	4.
49	6.	-14.	-23.	1.	20.	-2.	-2.	-22.	-10.	-1.	-1.
50	192.	60.	4.	-19.	0.	3.	-2.	6.	8.	-0.	0.
51	-22.	-18.	-28.	3.	0.	1.	-2.	6.	5.	9.	9.
52	-11.	-34.	8.	20.	7.	10.	2.	12.	-19.	-30.	-11.
53	-0.	16.	4.	0.	5.	5.	14.	-11.	-9.	-6.	6.
54	50.	13.	2.	19.	7.	10.	-9.	-18.	-7.	6.	7.
55	-9.	11.	14.	5.	-2.	3.	-14.	0.	1.	6.	6.
56	9.	12.	19.	-14.	-16.	12.	-0.	3.	15.	4.	-4.
57	2.	2.	-1.	1.	-20.	-7.	2.	-8.	-2.	7.	7.
58	54.	30.	-10.	-10.	-20.	12.	-6.	6.	6.	4.	4.
59	-0.	-17.	-12.	-3.	-0.	12.	-4.	11.	-3.	2.	2.
60	52.	2.	23.	2.	-14.	-19.	-4.	11.	-5.	-5.	-20.
61	-3.	-67.	4.	-12.	-0.	-12.	-12.	4.	-2.	2.	19.
62	-62.	-48.	6.	8.	19.	20.	13.	16.	1.	2.	2.
63	2.	-5.	1.	-11.	1.	0.	0.	8.	-2.	10.	10.
64	-51.	17.	-14.	15.	7.	-4.	5.	13.	-5.	3.	3.
65	-11.	23.	19.	2.	-6.	-6.	0.	21.	8.	-3.	-2.
66	-5.	39.	1.	-1.	-2.	-6.	-0.	3.	-4.	3.	3.
67	-2.	-8.	7.	2.	-9.	-1.	-11.	-5.	-4.	9.	9.
68	18.	15.	10.	24.	-11.	19.	-4.	39.	18.	9.	1.
69	3.	16.	-1.	1.	-0.	9.	-10.	8.	0.	-4.	-4.
70	-7.	2.	1.	9.	4.	5.	2.	-26.	16.	6.	6.
71	-10.	28.	-10.	-1.	-6.	2.	14.	17.	2.	-2.	1.
	-67.	-21.	2.	18.	-4.	5.	-6.	-26.	20.	-8.	5.
	9.	-2.	18.	-5.	-1.	-4.	-6.	-65.	4.	4.	4.
	60.	37.	5.	7.	-3.	-8.	2.	2.	16.	3.	6.
3	12.	-12.	3.	-3.	7.	-9.	8.	25.	36.	0.	0.
4	-3.	29.	8.	-3.	14.	6.	6.	24.	-14.	1.	1.
5	-10.	-15.	16.	-4.	1.	-4.	11.	5.	-5.	-31.	-31.

7	ZONE 1		
8	EINWOHNER REAL	32243.	
9	EINWOHNER GESCHAETZT	32291.	
10	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.15	
11			
12	ZONE 2		
13	EINWOHNER REAL	108144.	
14	EINWOHNER GESCHAETZT	107943.	
15	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.19	
16			
17	ZONE 3		
18	EINWOHNER REAL	114795.	
19	EINWOHNER GESCHAETZT	114325.	
20	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.41	
21			
22	ZONE 4		
23	EINWOHNER REAL	46441.	
24	EINWOHNER GESCHAETZT	46790.	
25	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.75	
26			
27	ZONE 5		
28	EINWOHNER REAL	69548.	
29	EINWOHNER GESCHAETZT	69483.	
30	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.09	
31			
32	ZONE 6		
33	EINWOHNER REAL	41216.	
34	EINWOHNER GESCHAETZT	41340.	
35	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.30	
36			
37	ZONE 7		
38	EINWOHNER REAL	45544.	
39	EINWOHNER GESCHAETZT	45592.	
40	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.11	
41			
42	ZONE 8		
43	EINWOHNER REAL	36027.	
44	EINWOHNER GESCHAETZT	36333.	
45	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.85	
46			
47	ZONE 9		
48	EINWOHNER REAL	64929.	
49	EINWOHNER GESCHAETZT	65071.	
50	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.22	
51			
52	ZONE 10		
53	EINWOHNER REAL	134761.	
54	EINWOHNER GESCHAETZT	133700.	
55	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.79	
56			
57	ZONE 11		
58	EINWOHNER REAL	48367.	
59	EINWOHNER GESCHAETZT	48256.	
60	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.23	
61			
62	ZONE 12		
63	EINWOHNER REAL	89854.	
64	EINWOHNER GESCHAETZT	89391.	
65	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.52	
66			
67	ZONE 13		
68	EINWOHNER REAL	54191.	
69	EINWOHNER GESCHAETZT	54008.	
70	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.34	
71			

ZONE 14			
EINWOHNER REAL	86656.		
EINWOHNER GESCHAETZT	86531.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.14		
ZONE 15			
EINWOHNER REAL	94100.		
EINWOHNER GESCHAETZT	93852.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.26		
ZONE 16			
EINWOHNER REAL	110809.		
EINWOHNER GESCHAETZT	110750.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.05		
ZONE 17			
EINWOHNER REAL	63252.		
EINWOHNER GESCHAETZT	63026.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.36		
ZONE 18			
EINWOHNER REAL	65109.		
EINWOHNER GESCHAETZT	64940.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.26		
ZONE 19			
EINWOHNER REAL	66171.		
EINWOHNER GESCHAETZT	65771.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.60		
ZONE 20			
EINWOHNER REAL	75671.		
EINWOHNER GESCHAETZT	75390.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.37		
ZONE 21			
EINWOHNER REAL	80708.		
EINWOHNER GESCHAETZT	80619.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.11		
ZONE 22			
EINWOHNER REAL	57268.		
EINWOHNER GESCHAETZT	56693.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	1.00		
ZONE 23			
EINWOHNER REAL	41762.		
EINWOHNER GESCHAETZT	41612.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	0.36		

5.3.2 Kalibrierungsverfahren für Modellversion 2

Analog zu Version 1 hat das Kalibrierungsverfahren für Modellversion 2 (Gleichungen (3.8), (3.9), (3.12) (4.0) und (4.1) einen Vektor $k = (k_1, \dots, k_N)$ zu finden, der die Kalibrierungsstatistik

$$ST(k_1, \dots, k_N) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left| PE_{ij} - \frac{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_t p_{tj}) Z_j}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_t p_{tj})} \right| =$$

$$= \sum_i \sum_j |PE_{ij} - PG_{ij}| \quad (5.8)$$

minimiert. Auch hier wollen wir die zwischen den Absolutstrichen der Summe (5.8) stehenden Differenzen mit DPE_{ij} bezeichnen, da es sich wieder, obwohl in etwas anderer formaler Gestalt, um die Differenzen zwischen beobachteten und geschätzten Pendlerwerten handelt.

Im Gegensatz zu dem in 5.3.1 beschriebenen Kalibrierungsverfahren stellt sich jedoch folgende Schwierigkeit ein:

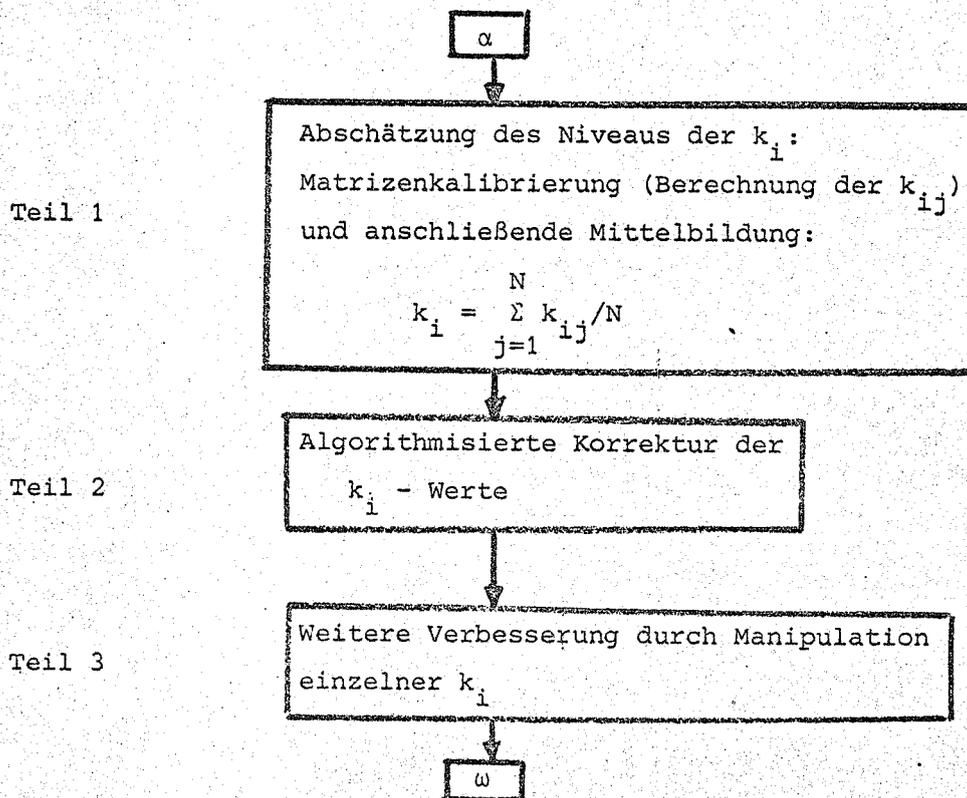
Wir haben jetzt nur mehr die Möglichkeit, einen Vektor von Parametern und nicht mehr eine Matrix von Parametern zu variieren, haben also insoferne einen "Freiheitsgrad" weniger. Das wirkt sich nun derart aus, daß die Änderung eines Vektorelementes k_i die entsprechende Variation eines gesamten Vektors von Differenzen $(DPE_{i1}, \dots, DPE_{iN})$ zur Folge hat. Mit anderen Worten, wir können sämtliche Elemente der Zeilenvektoren der Matrix (DPE_{ij}) nur mehr gemeinsam erhöhen, vermindern oder konstant halten, und zwar in folgender Weise: 1)

1) Diese Angaben gelten mit der Einschränkung, daß die intrazonale Reisezeit der Zone i kleiner ist als die Reisezeiten von Zone i zu den anderen Zonen j (Lit {12}).

Erhöhung von k_i : Einwohnerzahlen und Pendlerzahlen
der Zone i fallen

Verminderung von k_i : Einwohnerzahlen und Pendlerzahlen
der Zone i steigen.

Die oben angedeuteten Zusammenhänge ließen erwarten, daß bei einer Kalibrierung nach dem Schema des Verfahrens für Version 1 Schwierigkeiten auftreten würden, da offensichtlich ein Ausgleich von Fehlern verschiedenen Vorzeichens und mit verschiedenen absoluten Größen innerhalb einer Zeile der Matrix (DPE_{ij}) nicht möglich ist. Trotzdem wurde zunächst versucht, eine Kalibrierung der Version 2 nach diesem Algorithmus durchzuführen. Das nachfolgende Schema zeigt die Vorgangsweise an:



Zu Teil 1:

Die Abschätzung des Niveaus der k_i (zugleich auch des Niveaus der k_{ij} für Regiokalib 2, vgl. 5.3.1) kann wie folgt durchgeführt werden. Man verwendet die nichtnormierte Version der Interaktionsgleichung, also Gleichung (3.3):

$$PE_{ij} = S_i Z_j \exp(-k_{ij} p_{ij}),$$

und gewinnt aus dieser Beziehung, in der alle Variablen bis auf k_{ij} empirisch beobachtbar sind, eine Matrix von Strukturparametern durch Umformung:

$$k_{ij} = - \frac{1}{P_{ij}} \ln \left(\frac{PE_{ij}}{S_i Z_j} \right) \quad (5.9)$$

Aus dieser Matrix (k_{ij}) kann dann durch Durchschnittsbildung ein Niveau für die Anfangswerte der (k_{ij}) bzw. der (k_i) ermittelt werden.

Zu Teil 2:

Die algorithmisierte Korrektur der Vektorenelemente k_i erfolgte nach dem Schema des Verfahrens für Modellversion 1. Die Überlegungen für die Konstruktion der Korrekturfunktion verlaufen analog zu denen in 5.3.1 und werden deshalb nicht wiederholt. Das Ergebnis zeigt die analoge formale Gestalt:

$$k_i^{\text{neu}} = k_i^{\text{alt}} - KS \cdot \text{sign}(DC_i) \cdot |DC_i| \quad (5.10)$$

DC_i ist die Differenz zwischen der Anzahl der tatsächlichen Erwerbstätigen und der geschätzten Zahl der Erwerbstätigen in Zone i .

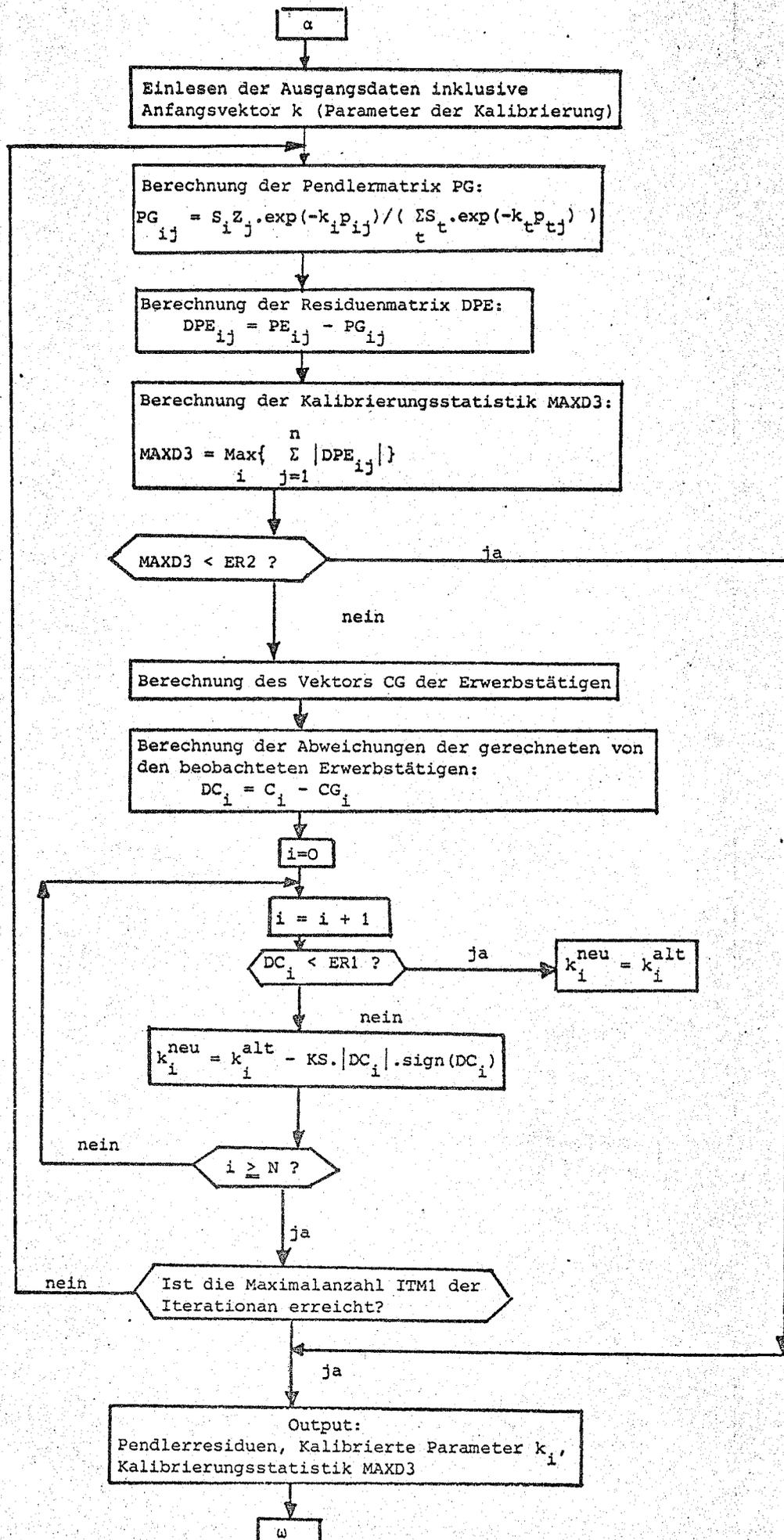
Nachdem

$$C_i = \sum_{j=1}^N PE_{ij}$$

gibt also in Gleichung (5.10) der Globalfaktor DC_i der Zone i Richtung und Schrittgröße der Korrektur an. Dabei kann es natürlich vorkommen, daß $|DC_i|$ einmal durch gegenseitiges Aufheben der Fehler in den Pendlerschätzungen unter die Fehlerschranke fällt und der Iterationsprozeß abgebrochen wird. Im Output ist dieser versteckte Fehler nur dann zu erkennen, wenn jeweils die gesamte Pendlerresiduenmatrix ausgedrückt wird.

Im folgenden sind das Flußdiagramm und das Programm des Kalibrierungsverfahrens ("Regiokalib 4") sowie ein Versuch eines Iterationsruns zusammengestellt.

FLUSSDIAGRAMM für REGIOKALIB 4



Erläuterungen zum Programm Regiokalib 4

1. Teil (ISN 1 - 43): Vereinbarungen und Inputs

Inputs:	N	Anzahl der Planungszonen
	ITM1	Maximalanzahl der Iterationsschritte
	KS	Korrekturschrittgröße
	ER1,ER2	Fehlerschranken
	P	Fahrtzeiten
	PE	Berufspendler
	S	Wohnnutzflächen
	Z	Beschäftigte
	C	Erwerbstätige
	K	Anfangsvektor

2. Teil (ISN 44 - 103): Kalibrierung des Vektors (k_i).

Die Kalibrierung erfolgt nach dem Schema von Regiokalib 2 (siehe Flußdiagramm).

3. Teil (ISN 104 - 116): Output

Ausgegeben wird der Anfangsvektor von k , die Matrix der Pendlerresiduen (DPE_{ij}) sowie der kalibrierte k -Vektor. Als letztes wird die Fehlergröße MAXD3 ausgedruckt, die den Wert der Kalibrierungsstatistik pro Iteration angibt.

```

$IBSYS
$JOB      721E2671. REGICKALIB4
*****

```

```

$EXEC      WATFOR
$IBFTC MAIN
C
C      ALGORITHMISIERTE VEKTORKALIBRIERUNG
C
C      DIESES PROGRAMM GESTATTET EINE ITERATIVE SCHAETZUNG DES VEKTORS K
C      AUSGEHEND VON EINEM ANFANGSVEKTOR WIRD VERSUCHT, DIE WERTE VON K
C      SO ZU WAEHLLEN, DASS DIE MATRIX DER PENDLERRESIDUEN MINIMIERT WIRD
C      FAHRTZEITEN F7
C
1      REAL Z(23),SUM,S(23),K(23),P(23,23),PE(23,23),AREN(23,23),
      8MAXD1,MAXD3(50),ER1,ER2,KS,C(23),CG(23),DS(23),PG(23,23)
      8,DPE(23,23),DC(23),PH(23),MAXDS(23)
2      INTEGER I,ZN,ZJ,ZT,N,ZI,YI,ITM,VI,ITN,ITM1,YJ,ZM
3      101  FORMAT(2I4,F10.6,2F10.2)
4      110  FORMAT(8F10.3)
5      191  FORMAT(14HOKALIBRIERTE K)
6      129  FORMAT(19HOANFANGSWERTE VON K)
7      186  FORMAT(27HOMATRIX DER PENDLERRESIDUEN)
10     111  FORMAT(1X,12F10.0)
11     120  FORMAT(8F10.0)
12     124  FORMAT(12E10.3)
13     125  FORMAT(1X,12F10.4)
14     139  FORMAT(1X,I3,2X,11HITERATIONEN)
15     141  FORMAT(21HOFEHLERVARIABLE MAXD3)
16     181  FORMAT(8HO MAXIMAL,16,2X,11HITERATIONEN)
17     182  FORMAT(31HOKORREKTURSCHRITTGROSSE KS IST,F10.3)
20     183  FORMAT(32HOFEHLEPPROZENTE ER1 BZW ER2 SIND,F7.1,2X,3HBZW,F7.1)
C
21     READ(5,101) N,ITM1,KS,ER1,ER2
22     DO 102 I=1,N
23     READ(5,110)(P(I,J),J=1,N)
24     DO 103 J=1,N
25     P(J,I)=P(I,J)
26     103  CONTINUE
27     102  CONTINUE
30     DO 200 I=1,N
31     READ(5,120) (PE(I,J),J=1,N)
32     200  CONTINUE
33     READ(5,120) (S(I),I=1,N)
34     READ(5,120) (Z(I),I=1,N)
35     READ(5,120) (C(I),I=1,N)
36     READ(5,110) (K(I),I=1,N)
37     WRITE(6,182) KS
40     WRITE(6,181) ITM1
41     WRITE(6,183) ER1,ER2
42     PRINT 129
43     WRITE(6,125) (K(I),I=1,N)
C
44     ZN=0
45     250  ZN=ZN+1
46     DO 301 ZJ=1,N
47     SUM=0
50     DO 302 ZT=1,N
51     SUM=SUM+ S(ZT)*EXP(-K(ZT)*P(ZT,ZJ))
52     302  CONTINUE
53     DO 303 ZI=1,N
54     AREN(ZI,ZJ)=S(ZI)*EXP(-K(ZI)*P(ZI,ZJ))/SUM
55     PG(ZI,ZJ)=AREN(ZI,ZJ)*Z(ZJ)
56     DPE(ZI,ZJ)=PE(ZI,ZJ)-PG(ZI,ZJ)
57     303  CONTINUE
60     301  CONTINUE

```

```

61      MAXD1=0
62      DO 253 ZI=1,N
63      CG(ZI)=0
64      DS(ZI)=0
65      DO 252 ZJ=1,N
66      CG(ZI)=CG(ZI)+PG(ZI,ZJ)
67      DS(ZI)=DS(ZI)+ABS(DPE(ZI,ZJ))
70      252 CONTINUE
71      DC(ZI)=C(ZI)-CG(ZI)
72      MAXD1=AMAX1(MAXD1,DS(ZI))
73      253 CONTINUE
74      MAXD3(ZN)=MAXD1
75      IF(ER2-MAXD1) 551,751,751
76      551 IF(ITM1-ZN) 751,751,651
77      651 DO 652 I=1,N
100      IF(ER1-DC(I)) 653,652,652
101      653 K(I)=K(I)-SIGN(KS*ABS(DC(I))*0.0001,DC(I))
102      652 CONTINUE
103      GOTO 250
104      751 PRINT 186
105      DO 305 I=1,N
106      WRITE(6,111)(DPE(I,J),J=I,N)
107      305 CONTINUE
110      PRINT 191
111      WRITE(6,125) (K(I), I=1,N)
112      PRINT 141
113      WRITE(6,124) (MAXD3(I), I=1,ZN)
114      WRITE(6,139) ZN
115      STOP
116      END

```

KORREKTURSCHWERTGRÖSSE KS IST 0.010

MAXIMAL 10 ITERATIONEN

FEHLERPROZENTE ERI BZW ERZ SIND 5.0 BZW 5.0

ANFANGSWERTE VON K

0.247C 0.2480 0.2480 0.2480 0.2480 0.2040 0.2370 0.2680 0.1830 0.2360 0.2140 0.2390 0.2590
 0.2480 0.2480 0.2460 0.2510 0.2620 0.2620 0.2450 0.2610 0.1930 0.2570 0.2230 0.2680 0.2680

MATRIX DER PENDBREPSIDUEN

-18937.	109.	515.	159.	190.	294.	390.	232.	540.	261.	123.	132.
75.	132.	198.	102.	102.	94.	113.	90.	66.	59.	42.	66.
-11155.	2787.	-4088.	355.	1157.	1436.	1759.	764.	1633.	1239.	594.	421.
401.	744.	996.	829.	576.	534.	693.	381.	-1597.	328.	198.	501.
1142.	-2892.	-2245.	-1603.	859.	223.	899.	133.	1107.	1931.	-2883.	318.
376.	654.	307.	579.	379.	387.	438.	233.	-538.	286.	239.	-216.
-720.	613.	-613.	492.	609.	-3296.	434.	162.	662.	805.	113.	377.
196.	268.	345.	244.	152.	150.	232.	114.	662.	114.	124.	96.
2128.	543.	1060.	448.	-9609.	-1898.	870.	314.	991.	1814.	377.	283.
364.	583.	955.	500.	350.	284.	403.	319.	141.	154.	153.	459.
1740.	404.	214.	-3114.	-571.	372.	880.	-417.	324.	535.	138.	328.
1932.	211.	467.	339.	174.	168.	215.	173.	109.	78.	119.	301.
186.	155.	-628.	66.	178.	-2168.	2777.	-2300.	45.	451.	72.	321.
771.	206.	-457.	-1029.	-59.	95.	185.	186.	130.	85.	88.	283.
129.	-158.	-470.	-263.	62.	-1671.	-3692.	940.	-1299.	297.	20.	459.
1859.	719.	292.	-284.	-329.	63.	97.	-204.	-4136.	67.	84.	36.
264.	391.	518.	476.	460.	112.	223.	-368.	1731.	32.	133.	1075.
4498.	177.	2227.	-332.	-96.	-332.	425.	-1793.	165.	399.	407.	1153.
544.	1015.	1511.	1491.	1838.	1491.	2000.	699.	-12604.	-4243.	130.	1359.
562.	328.	-4704.	477.	643.	477.	565.	716.	173.	136.	1647.	321.
97.	258.	382.	127.	423.	415.	332.	171.	561.	748.	138.	36.
1184.	-267.	-215.	127.	141.	127.	192.	217.	-131.	336.	130.	1075.
796.	1026.	1623.	377.	475.	377.	1274.	566.	1144.	399.	1647.	1359.
2894.	303.	683.	-3.	282.	-3.	423.	239.	-73.	748.	138.	1153.
-7659.	650.	676.	143.	149.	143.	531.	289.	72.	336.	407.	595.
4291.	618.	1242.	833.	833.	702.	232.	178.	943.	74.	320.	440.
1194.	917.	-11150.	1194.	-12.	162.	377.	-353.	128.	989.	271.	648.
2812.	730.	1000.	-1289.	1009.	340.	377.	372.	238.	1227.	230.	214.
795.	4057.	-1764.	-1289.	1009.	340.	377.	372.	238.	1227.	230.	214.
-8274.	4057.	-1764.	-1289.	1009.	340.	377.	372.	238.	1227.	230.	214.
2949.	355.	1065.	-1764.	1009.	340.	377.	372.	238.	1227.	230.	214.
601.	-685.	-1602.	493.	-309.	866.	367.	360.	297.	175.	336.	440.
1006.	450.	894.	676.	-3009.	1162.	5882.	-921.	-14.	1259.	392.	595.
285.	178.	-201.	415.	543.	-629.	777.	317.	395.	235.	407.	440.
2241.	427.	1092.	-2930.	2351.	-2591.	554.	-705.	1221.	622.	230.	436.
244.	244.	-921.	-561.	496.	597.	278.	86.	-1221.	147.	172.	648.
1319.	260.	801.	-2881.	482.	199.	174.	323.	-3185.	577.	217.	214.
205.	396.	456.	482.	760.	471.	696.	495.	121.	130.	147.	648.
-3009.	636.	659.	482.	760.	471.	696.	495.	121.	130.	147.	648.
283.	521.	688.	472.	623.	580.	1170.	97.	-3123.	134.	142.	648.
-2053.	-3455.	-1234.	472.	623.	580.	1170.	97.	-3123.	134.	142.	648.
171.	350.	550.	466.	499.	649.	752.	503.	163.	953.	428.	214.
636.	350.	550.	490.	346.	649.	1024.	503.	163.	953.	428.	214.
122.	287.	343.	303.	427.	532.	593.	552.	597.	454.	179.	207.
1508.	9.	321.	333.	211.	184.	397.	320.	798.	806.	103.	207.
119.	343.	400.	200.	181.	258.	475.	203.	947.	-4072.	54.	3007.
				116.	69.	104.	89.	362.	283.	113.	-3007.
								58.	52.	-1121.	

KALIBRIERTE K

0.1984 0.1975 0.2204 0.1762 0.2096 0.2187 0.1830 0.1942 0.1747 0.2102 0.1992
 0.2470 0.2074 0.1851 0.1900 0.1960 0.2273 0.1656 0.2227 0.2009 0.2355 0.2355

FEHLERVARIABILE MAX03

0.554E 05 0.525E 05 0.489E 05 0.473E 05 0.469E 05 0.466E 05 0.463E 05 0.459E 05 0.456E 05 0.452E 05 0.449E 05 0.446E 05
 0.443E 05 0.437E 05 0.437E 05 0.434E 05 0.431E 05 0.428E 05 0.426E 05 0.424E 05

Zu Teil 3:

Teil 3 war gedacht als jene Phase der Kalibrierung, in der sämtliche inhaltliche Information über das Datenmaterial, die im automatisierten Teil nicht berücksichtigt werden konnte, in das Verfahren eingebracht werden sollte. Zu diesem Zweck wurde ein einfaches Programm zur Berechnung der Matrix der Pendlerresiduen ("Regiokalib 3") geschrieben, das die Wirkung einzelner, manuell vorgenommener Variationen von Parametern aufzeigt (vgl. Programm Regiokalib 3, Seite 48).

Die praktischen Erfahrungen mit dem oben beschriebenen Kalibrierungsverfahren für die Version 2 waren negativ. Es wurde eine große Anzahl von verschiedenen Versuchen (auch mit alternativen Korrekturfunktionen) durchgeführt, die jedoch in keinem Fall ein befriedigendes Resultat in Hinblick auf die Modellgenauigkeit lieferten (vgl. Anhang 11.3). So konnte etwa der maximale Fehler MAXD3 im Programm Regiokalib 4 (die Größe entspricht sinngemäß der Funktion $ST(k_1, \dots, k_N)$, Gleichung (5.8)) im besten Fall auf den Absolutwert von 24 000 (Pendlern) gedrückt werden, was sowohl als absoluter als auch als relativer Fehler unzulässig ist.

Nach verschiedenen alternativen Kalibrierungsversuchen für die Version 2, die sämtlich keine brauchbaren Ergebnisse lieferten, wurde eine Modifikation der Modellversion 2 zur Ermöglichung der Kalibrierung überlegt.

```

$IBSYS
$JOB      721E2671. KEGICKALIB3
=====

```

```

$EXEC      WATFOR

```

```

$IBFTC MAIN

```

```

C

```

```

C   MANUELLE KALIBRIERUNG

```

```

1      REAL Z(25),SUM,S(25),K(25),P(23,23),AREN(23,23),
2      8PE(23,23),DPE(23,23)
3      INTEGER I,ZN,ZJ,ZT,N,ZI,YI,ITM,VI,ITN,ITM1,YJ,ZH
4      101  FORMAT(2I4)
5      110  FORMAT(9F10.1)
6      129  FORMAT(19HOANFANGSWERTE VON K)
7      120  FORMAT(8F10.0)
8      122  FORMAT(8F10.3)
10     123  FORMAT(14,3F10.5)
11     124  FORMAT(12E10.3)
12     125  FORMAT(1X,12F10.4)
13     111  FORMAT(1X,12F10.0)
14     184  FORMAT(1X,12F10.1)
15     170  FORMAT(12HGREISEZEITEN)
16     185  FORMAT(9HOPENDLER)
17     186  FORMAT(7HOPE-ABW)
20     READ(5,1C1) N,ITM
21     PRINT 170
22     DO 102 I=1,N
23     READ(5,110) (P(I,J),J=1,N)
24     DO 103 J=1,N
25     P(J,I)=P(I,J)
26     103  CONTINUE
27     WRITE(6,125) (P(I,J),J=1,N)
30     102  CONTINUE
31     READ(5,120) (Z(I),I=1,N)
32     READ(5,120) (S(I),I=1,N)
33     PRINT 185
34     DO 200 I=1,N
35     READ(5,120) (PE(I,J),J=1,N)
36     WRITE(6,111) (PE(I,J),J=1,N)
37     200  CONTINUE
40     READ(5,122) (K(I),I=1,N)
41     PRINT 129
42     WRITE(6,125) (K(I), I=1,N)
C
43     DO 301 ZJ=1,N
44     SUM=0
45     DO 302 ZI=1,N
46     SUM=SUM+S(ZI)*EXP(-K(ZI)*P(ZI,ZJ))
47     302  CONTINUE
48     DO 303 ZI=1,N
49     AREN(ZI,ZJ)=S(ZI)*EXP(-K(ZI)*P(ZI,ZJ))/SUM
50     DPE(ZI,ZJ)=PE(ZI,ZJ)-AREN(ZI,ZJ)*Z(ZJ)
51     303  CONTINUE
52     301  CONTINUE
53     PRINT 186
54     DO 304 I=1,N
55     WRITE(6,184) (DPE(I,J),J=1,N)
56     304  CONTINUE
57     STCP
58     END

```

6. Modifikation des Modells

Die in 5.3.2 beschriebenen Schwierigkeiten bei der Kalibrierung der Modellversion 2 führten zu Überlegungen, wie das Modell modifiziert werden könnte, sodaß einerseits eine systematische Kalibrierung möglich, andererseits aber durch die Modifikation keine wesentliche Änderung der Variablen- und Strukturenkonfiguration des Modells bewirkt würde.

Ausgehend von diesen zwei Bedingungen führten die Überlegungen zu folgender Vorgangsweise: Die für die beiden Versionen des Modells identische Gleichung (3.8) bleibt unverändert. Modifizieren läßt sich jedoch in einfacher Weise die zweite Gleichung für Version 2, also Gleichung (3.12):

$$ar_{ij} = \frac{S_i \exp(-k_i p_{ij})}{\sum_t S_t \exp(-k_t p_{tj})} \quad (3.12)$$

Bei der Konstruktion des Modells hatten wir die Normierung dieses Terms aus rechentechnischen Gründen vorgenommen. Tatsächlich sichert die Normierung bei iterativen Kalibrierungsverfahren die innere Konsistenz des Modells, indem die Gültigkeit der Gleichung

$$Z_j = \sum_{i=1}^N PG_{ij} \quad (6.1)$$

gewährleistet wird.

Aus (6.1) folgt:

$$Z_j = \sum_{i=1}^N ar_{ij} Z_j \Rightarrow 1 = \sum_{i=1}^N ar_{ij} \quad (6.2)$$

Summieren wir aber (3.12) über alle i , so erhalten wir

$$\sum_{i=1}^N ar_{ij} = \frac{\sum_i S_i \cdot \exp(-k_i p_{ij})}{\sum_t S_t \cdot \exp(-k_t p_{tj})} = 1$$

Die Gültigkeit der Gleichung (6.1) ist deshalb wichtig, weil durch sie die "vollständige Verteilung" der Beschäftigten gesichert wird. ¹⁾

Nun ist es bei nichtiterativen Verfahren nicht notwendig, diese innere Konsistenz durch Normierung abzusichern. Man kann nämlich argumentieren, daß die empirischen Verteilungskoeffizienten (also die beobachteten Werte von) ar_{ij} (bzw. a_{ij}) per definitionem auf 1 normiert sind. Daher ist es möglich, bei einem derartigen Verfahren auf die nichtnormierte Gleichung

$$a_{ij} = \alpha_i ar_{ij} = \alpha_i S_i \exp(-k_i p_{ij}) \quad i=1, N \quad j=1, N \quad (6.3)$$

überzugehen. Wir kehren damit zur ursprünglichen Form der Interaktionsgleichung (3.3) zurück, die folgende Gestalt hatte:

$$PG_{ij} = S_i Z_j \exp(-k_i p_{ij}) \quad i=1, N \quad j=1, N \quad (6.4)$$

Die Kalibrierung dieses Modells kann nun beispielsweise mittels Regression erfolgen (Lit {13}). Dazu multiplizieren wir noch eine Konstante A_i an die Gleichung (6.4):

$$PG_{ij} = A_i S_i Z_j \exp(-k_i p_{ij}) \quad (6.5)$$

Durch Umformung erhält man:

$$\ln\left(\frac{PG_{ij}}{S_i \cdot Z_j}\right) = KO_i - k_i \cdot p_{ij} \quad i=1, N \quad j=1, N \quad (6.6)$$

wobei

$$KO_i = \ln(A_i).$$

1) Mengentheoretisch ausgedrückt: Durch den normierten Term (3.12) findet eine Partition der Menge der Beschäftigten der Zone j statt.

Die Schätzung der Vektoren $KO = (KO_1, \dots, KO_N)$ und $k = (k_1, \dots, k_N)$ durch Regression aus dem Gleichungssystem (6.6) kann nun unmittelbar durchgeführt werden.

Der Übersicht halber seien die Gleichungen der modifizierten Modellversion ("Version 3") noch einmal zusammengestellt. Die Modellversion 3 besteht aus den Gleichungen:

$$E_i = a_{i1}Z_1 + a_{i2}Z_2 + \dots + a_{iN}Z_N \quad i=1, N \quad (3.8)$$

$$A_{ij} = \alpha_i \quad ar_{ij} = \alpha_i A_i S_i \exp(-k_i p_{ij}) \quad \begin{matrix} i=1, N \\ j=1, N \end{matrix} \quad (6.3)$$

$$\alpha_i = C_i / E_i \quad i=1, N \quad (4.0)$$

$$P_{ij} = ms(tp_{ij} + tzp) + (1-ms)(to_{ij} + tzo) \quad \begin{matrix} i=1, N \\ j=1, N \end{matrix} \quad (4.1)$$

7. Kalibrierung II

Die Kalibrierung der Version 3 des Modells "Regioplan" läßt sich, wie bereits angedeutet, mittels linearer Regressionsrechnung bewältigen. Eine Kalibrierung auf diesem Weg stellt nur eine von mehreren Möglichkeiten dar, die in Abschnitt 5.3.2 aufgezeigten Schwierigkeiten zu überwinden, und muß ebenso nicht zwangsläufig zum Erfolg führen wie eines der bereits versuchten Verfahren.

Zunächst sei festgehalten, daß für die lineare Regression natürlich die Summe der Abweichungsquadrate als Kalibrierungsstatistik festliegt. Nachdem aber nun die Schätzungen der Pendlerwerte PG_{ij} jeweils nur von einem Parameterwert k_i abhängen, läßt sich die Kalibrierungsstatistik für jeden Parameter k_i einzeln angeben:

$$ST(k_i) = \sum_{j=1}^N (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2 \quad i=1, N \quad (7.1)$$

wobei

$$Y_{ij} = \ln \left(\frac{PE_{ij}}{S_i Z_j} \right) \quad i, j = 1, N$$

$$\hat{Y}_{ij} = \ln \left(\frac{PG_{ij}}{S_i Z_j} \right) \quad i, j = 1, N$$

Die Güte der Anpassung von geschätzten und empirischen Werten wird durch die in der Regressionsanalyse üblichen Statistiken (Korrelationskoeffizient, Durbin-Watson-Statistik etc.) angegeben (vgl. Anhang 11.4).

Der Übersicht halber seien die für das Kalibrierungsverfahren verwendeten Gleichungssysteme noch einmal zusammengestellt. Es handelt sich dabei um N Gleichungssysteme ($i=1, N$) der Form:

$$\begin{aligned} Y_{i1} &= KO_i - k_i X_{i1} \\ \hat{Y}_{iN} &= KO_i - k_i X_{iN}, \end{aligned} \quad (7.2)$$

wobei

$$Y_{ij} = \ln \left(\frac{PE_{ij}}{S_i Z_j} \right)$$

$$X_{ij} = p_{ij}$$

$$KO_i = \ln A_i$$

Die Regression mit den oben angegebenen Werten wurde durchgeführt (vgl. Anhang 11.4) und ergab folgende Schätzungen für K.O bzw, k:

Zone	KO	k	Zone	KO	k
1	0.144	0.084	13	1.610	0.086
2	0.535	0.065	14	0.508	0.056
3	0.278	0.070	15	0.254	0.052
4	0.571	0.087	16	0.601	0.057
5	0.898	0.067	17	0.646	0.061
6	0.282	0.069	18	0.356	0.059
7	-0.033	0.067	19	0.967	0.075
8	-0.025	0.064	20	1.083	0.064
9	0.107	0.61	21	1.782	0.088
10	0.940	0.057	22	1.747	0.071
11	1.528	0.084	23	1.816	0.092
12	0.900	0.071			

Diese Ergebnisse des Kalibrierungsverfahrens stellen nun wiederum den Input für das Programm Regioplan 2 dar, das analog zu Regioplan 1 die Pendler- bzw. Einwohnerschätzungen des Planungsmodells errechnet.¹⁾

1) Der Rechenprozeß verläuft bei Regioplan 2 analog zu dem in Regioplan 1 mit dem Unterschied, daß die Pendlerschätzungen gemäß Gleichung (6.5) modifiziert sind. Auf das Flußdiagramm wird daher verzichtet. Auf Erläuterungen zum Programm Regiokalib 2 im Anhang 11.1.3 sei hingewiesen.

721E2671. REGIOPLAN2

FORTRAN SOURCE LIST

ISN	SOURCE STATEMENT
0	\$IBFTC MAIN
C	
C	BERECHNUNG DER VERTEILUNG DER WOHNBEVOELKERUNG AUF GRUND
C	DER VERTEILUNG DER ARBEITSPLAETZE
C	NFUE NUTZFLAECHEWERTE
C	FAHRTZEITEN F11
C	
1	REAL PE(23,23),PG(23,23),S(23),Z(23),K(23),KO(23),P(23,23),
	BDPE(23,23),E(23),EG(23),ALPHA(23),FP(23),PF(23,23)
2	INTEGER I,J,N
3	100 FORMAT(I4)
4	101 FORMAT(8F10.3)
5	102 FORMAT(8F10.0)
6	103 FORMAT(12F10.3)
7	108 FORMAT(8F10.4)
10	109 FORMAT(12F10.0)
11	104 FORMAT(25HOGESCHAETZTE PENDLERWERTE)
12	105 FORMAT(29HOATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN)
13	106 FORMAT(25HOBEOBSACHTETE PENDLERWERTE)
14	107 FORMAT(16HCPENDLERRESIDUEN)
15	150 FORMAT(5HOZONE,I4)
16	151 FORMAT(2X,20HEINWOCHNER REAL ,F10.0)
17	152 FORMAT(2X,20HEINWOCHNER GESCHAETZT,F10.0)
20	153 FORMAT(2X,21HABWEICHUNG IN PROZENT,F8.2)
21	154 FORMAT(13HOKONSTANTE KO)
C	
22	READ(5,100) N
24	DO 110 I=1,N
25	READ(5,101) (P(I,J),J=I,N)
32	DO 111 J=1,N
33	P(J,I)=P(I,J)
34	111 CONTINUE
36	P(I,I)=0.66*P(I,I)
37	110 CONTINUE
41	DO 112 I=1,N
42	READ(5,102) (PE(I,J),J=1,N)
47	112 CONTINUE
51	READ(5,102) (S(I),I=1,N)
56	READ(5,102) (Z(I),I=1,N)
63	READ(5,102) (E(I),I=1,N)
70	READ(5,101) (ALPHA(I),I=1,N)
75	READ(5,108) (KO(I),I=1,N)
102	READ(5,101) (K(I),I=1,N)
107	PRINT 105
110	WRITE(6,103) (K(I),I=1,N)
115	PRINT 154
116	WRITE(6,103) (KO(I),I=1,N)
123	PRINT 106
124	DO 120 I=1,N
125	WRITE(6,109) (PE(I,J),J=1,N)
132	120 CONTINUE
C	
C	
134	PRINT 104
135	DO 200 I=1,N

721E2671. REGIOPLAN2

FORTRAN SOURCE LIST MAIN

ISN	SOURCE STATEMENT
136	EG(I)=0.0
137	DO 201 J=1,N
140	PG(I,J)=0.0000001*S(I)*Z(J)*EXP(KO(I)-K(I)*P(I,J))
141	DPE(I,J)=PE(I,J)-PG(I,J)
142	EG(I)=EG(I)+PG(I,J)*ALPHA(I)
143	201 CONTINUE
145	WRITE(6,109) (PG(I,J),J=1,N)
152	200 CONTINUE
154	PRINT 107
155	DO 210 I=1,N
156	WRITE(6,109) (DPE(I,J),J=1,N)
163	210 CONTINUE
165	DO 250 I=1,N
166	FP(I)=100.0*ABS(E(I)-EG(I))/E(I)
167	WRITE(6,150) I
170	WRITE(6,151) E(I)
171	WRITE(6,152) EG(I)
172	WRITE(6,153) FP(I)
173	250 CONTINUE
175	STOP
176	END

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

GESCHAETZTE PENDERWERTE

7355.	601.	638.	436.	176.	300.	433.	165.	424.	164.	147.	230.
64.	115.	214.	201.	160.	114.	187.	204.	199.	53.	42.	
10514.	7615.	5739.	1880.	932.	902.	1791.	778.	2404.	1787.	894.	1846.
312.	587.	993.	938.	751.	581.	1081.	1640.	2106.	948.	588.	
6046.	2949.	9862.	2061.	841.	1589.	2107.	994.	1622.	1145.	1766.	1409.
341.	635.	1112.	1036.	554.	798.	639.	798.	1125.	298.	433.	
3310.	773.	1830.	3042.	535.	1735.	1009.	419.	556.	882.	387.	594.
1178.	249.	483.	421.	220.	144.	204.	229.	237.	84.	196.	
4117.	995.	1687.	1456.	5373.	2466.	2064.	749.	1014.	1183.	481.	2151.
432.	472.	847.	871.	451.	233.	384.	407.	460.	143.	473.	
2103.	305.	1138.	1248.	807.	2377.	1724.	618.	818.	438.	253.	804.
230.	399.	736.	449.	290.	173.	180.	261.	222.	70.	173.	
1996.	420.	1008.	569.	450.	300.	2754.	825.	911.	421.	306.	490.
195.	693.	1184.	1110.	499.	313.	313.	221.	200.	55.	109.	
1568.	364.	930.	473.	324.	782.	1551.	1060.	968.	274.	205.	252.
131.	458.	772.	686.	449.	219.	244.	174.	44.	44.	71.	
3776.	1086.	1519.	700.	449.	1037.	1688.	304.	4453.	421.	287.	582.
220.	540.	900.	1076.	860.	801.	783.	1079.	643.	147.	191.	
6243.	2562.	3554.	3021.	1638.	1900.	2637.	887.	1378.	13126.	2009.	4868.
763.	924.	1568.	1043.	561.	436.	581.	686.	402.	468.	1341.	
2448.	703.	3481.	857.	315.	562.	1085.	334.	402.	1211.	3313.	654.
92.	198.	369.	346.	182.	120.	109.	184.	259.	298.	187.	
4423.	1712.	2657.	1413.	1876.	2132.	1916.	468.	1096.	3620.	751.	6498.
712.	839.	1446.	807.	456.	337.	431.	423.	748.	252.	1359.	
2129.	480.	1009.	807.	584.	1066.	1320.	401.	603.	643.	181.	1301.
4483.	804.	746.	501.	390.	197.	204.	199.	227.	51.	752.	1106.
3409.	741.	1635.	904.	569.	1304.	2991.	1063.	1362.	758.	410.	
607.	4081.	3841.	2228.	1093.	643.	659.	477.	369.	117.	305.	
4382.	966.	2098.	1160.	771.	1703.	3565.	1294.	1725.	1044.	540.	1382.
497.	2802.	4927.	2435.	1265.	1069.	831.	624.	494.	164.	380.	
5576.	1217.	2685.	1437.	1045.	1594.	4984.	1684.	2823.	911.	668.	1284.
501.	2437.	3588.	6557.	2528.	1371.	922.	923.	602.	187.	342.	
3537.	796.	1245.	684.	461.	876.	2090.	973.	1953.	383.	307.	568.
304.	1012.	1591.	2274.	2558.	1164.	707.	610.	371.	85.	194.	
3344.	788.	1029.	615.	323.	1620.	1620.	612.	2250.	390.	281.	551.
230.	739.	1673.	1488.	1430.	2078.	746.	703.	454.	104.	145.	514.
4386.	1225.	1465.	677.	364.	554.	1520.	580.	2071.	317.	182.	752.
169.	574.	1004.	779.	774.	647.	4434.	897.	618.	107.	156.	
6191.	2451.	2488.	1024.	588.	1145.	1429.	979.	3662.	648.	437.	
263.	575.	973.	1101.	878.	806.	1170.	4400.	1327.	283.	245.	1061.
5633.	3594.	3388.	900.	467.	765.	1019.	425.	1966.	753.	426.	
184.	246.	467.	442.	362.	366.	709.	1297.	6882.	373.	215.	785.
3551.	2762.	1726.	770.	346.	552.	614.	782.	737.	737.	1066.	
133.	186.	325.	304.	177.	164.	292.	484.	860.	3514.	257.	
862.	590.	903.	600.	439.	498.	409.	110.	860.	1037.	241.	2075.
518.	177.	312.	178.	131.	61.	114.	112.	164.	70.	3100.	

PENDLEPRESIDUEN											
3469.	-166.	83.	-14.	38.	63.	17.	92.	219.	102.	-0.	-79.
13.	21.	-6.	-26.	40.	-8.	-41.	-56.	-88.	8.	1.	
438.	8771.	-1551.	-365.	400.	630.	192.	123.	232.	-224.	-25.	-905.
47.	181.	54.	-51.	-93.	30.	-62.	358.	-867.	-90.	-301.	
5279.	-1165.	11891.	-236.	369.	-53.	-313.	-159.	266.	1026.	122.	-331.
77.	111.	-110.	-244.	-83.	91.	-17.	-88.	-616.	35.	-95.	
1650.	-269.	-495.	4269.	395.	-913.	-230.	-63.	245.	305.	-53.	-106.
44.	46.	-71.	-115.	-41.	23.	58.	8.	-82.	36.	-32.	
1495.	-227.	-81.	172.	4151.	-566.	-415.	-130.	197.	909.	27.	-697.
18.	156.	204.	-235.	-44.	70.	69.	-8.	-225.	19.	-190.	
1558.	124.	-227.	-497.	-55.	4918.	-280.	-242.	-55.	150.	-46.	-226.
31.	15.	-30.	-38.	-63.	18.	51.	-18.	-78.	10.	-29.	
1980.	1.	-60.	-29.	13.	27.	6071.	-112.	-40.	82.	-83.	-29.
26.	-191.	-304.	-449.	-180.	-52.	-22.	13.	-42.	31.	-14.	
1992.	-1.	-122.	-61.	32.	-202.	-386.	4321.	37.	74.	-51.	85.
32.	-172.	-362.	-134.	-135.	7.	2.	-120.	-52.	26.	20.	
3152.	-257.	-61.	68.	102.	-150.	-441.	-15.	6438.	230.	-16.	-48.
61.	-55.	-189.	-326.	-281.	-3.	289.	-355.	-188.	16.	-13.	
2134.	-1171.	330.	-229.	1047.	391.	-6.	-12.	510.	12284.	241.	-2202.
-79.	175.	119.	-26.	111.	68.	26.	127.	-591.	-174.	241.	
178.	-178.	-1096.	-248.	171.	28.	-450.	-82.	205.	351.	7173.	-193.
9.	72.	39.	-82.	-28.	15.	88.	57.	-65.	-152.	-27.	
1276.	-905.	-786.	-160.	-130.	-382.	86.	188.	325.	-1324.	-164.	8046.
441.	403.	613.	-54.	76.	89.	58.	98.	-466.	-84.	-377.	
2339.	-88.	34.	-143.	23.	-170.	-275.	29.	293.	-95.	-13.	-364.
3528.	256.	95.	-4.	-145.	-19.	57.	16.	-111.	25.	-382.	194.
2118.	-75.	-61.	2.	322.	86.	-987.	-396.	-59.	261.	-53.	
761.	9295.	-1106.	-867.	-428.	-258.	-150.	-48.	-114.	12.	-17.	492.
1687.	-98.	-242.	-71.	430.	432.	-367.	-460.	-191.	292.	-24.	
386.	-498.	9960.	-789.	-431.	-528.	-144.	-101.	-142.	14.	-2.	
1650.	-179.	-498.	-221.	131.	329.	-1676.	-222.	-327.	393.	-137.	94.
154.	-57.	-816.	10403.	402.	-335.	117.	-235.	-135.	52.	84.	
1001.	-180.	-29.	-41.	160.	67.	-644.	-191.	-331.	248.	-39.	82.
19.	-209.	-670.	36.	7272.	36.	-18.	-173.	-107.	63.	-12.	-49.
2464.	-164.	274.	42.	203.	121.	-455.	85.	-81.	199.	-28.	
33.	-232.	-247.	-576.	-275.	6977.	318.	-249.	-205.	28.	7.	-43.
1902.	-488.	-247.	126.	151.	277.	-385.	96.	101.	214.	39.	
41.	-103.	-378.	-181.	-237.	180.	6729.	-210.	-281.	358.	-9.	-8.
-238.	269.	-466.	-404.	161.	-108.	5.	-340.	-1271.	212.	84.	
41.	16.	-160.	-139.	-306.	47.	406.	5945.	172.	358.	-45.	-616.
-832.	-1834.	-1718.	-139.	103.	213.	116.	141.	-298.	-110.	-64.	
-4.	112.	103.	70.	14.	-38.	108.	670.	9349.	518.	-94.	
-189.	-1085.	-312.	-211.	115.	60.	178.	103.	135.	-107.	-625.	-445.
-7.	104.	-25.	37.	38.	27.	129.	311.	677.	6803.	-176.	
827.	-413.	-262.	-198.	-67.	-68.	100.	99.	78.	-183.	-63.	-976.
-6.	177.	110.	29.	-8.	10.	-3.	-14.	-86.	-14.	7302.	

15	ZONE 1		
16	EINWOHNER REAL	32243.	
17	EINWOHNER GESCHAETZT	24991.	
18	ABWEICHUNG IN PROZENT	22.49	
19			
20	ZONE 2		
21	EINWOHNER REAL	108144.	
22	EINWOHNER GESCHAETZT	94381.	
23	ABWEICHUNG IN PROZENT	12.73	
24			
25	ZONE 3		
26	EINWOHNER REAL	114795.	
27	EINWOHNER GESCHAETZT	81795.	
28	ABWEICHUNG IN PROZENT	28.75	
29			
30	ZONE 4		
31	EINWOHNER REAL	46441.	
32	EINWOHNER GESCHAETZT	36849.	
33	ABWEICHUNG IN PROZENT	20.66	
34			
35	ZONE 5		
36	EINWOHNER REAL	69548.	
37	EINWOHNER GESCHAETZT	59924.	
38	ABWEICHUNG IN PROZENT	13.84	
39			
40	ZONE 6		
41	EINWOHNER REAL	41216.	
42	EINWOHNER GESCHAETZT	31312.	
43	ABWEICHUNG IN PROZENT	24.03	
44			
45	ZONE 7		
46	EINWOHNER REAL	45544.	
47	EINWOHNER GESCHAETZT	32153.	
48	ABWEICHUNG IN PROZENT	29.40	
49			
50	ZONE 8		
51	EINWOHNER REAL	36027.	
52	EINWOHNER GESCHAETZT	25841.	
53	ABWEICHUNG IN PROZENT	28.27	
54			
55	ZONE 9		
56	EINWOHNER REAL	64929.	
57	EINWOHNER GESCHAETZT	48798.	
58	ABWEICHUNG IN PROZENT	24.84	
59			
60	ZONE 10		
61	EINWOHNER REAL	134761.	
62	EINWOHNER GESCHAETZT	108205.	
63	ABWEICHUNG IN PROZENT	19.71	
64			
65	ZONE 11		
66	EINWOHNER REAL	48367.	
67	EINWOHNER GESCHAETZT	36481.	
68	ABWEICHUNG IN PROZENT	24.58	
69			
70	ZONE 12		
71	EINWOHNER REAL	89854.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	75465.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	16.01	
	ZONE 13		
	EINWOHNER REAL	54191.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	43117.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	20.44	
	ZONE 14		
	EINWOHNER REAL	86656.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	67767.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	21.80	
	ZONE 15		
	EINWOHNER REAL	94100.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	74040.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	21.32	
	ZONE 16		
	EINWOHNER REAL	110809.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	92644.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	16.39	
	ZONE 17		
	EINWOHNER REAL	63252.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	50222.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	20.60	
	ZONE 18		
	EINWOHNER REAL	65109.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	48801.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	25.05	
	ZONE 19		
	EINWOHNER REAL	66171.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	50668.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	23.43	
	ZONE 20		
	EINWOHNER REAL	75671.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	67630.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	10.63	
	ZONE 21		
	EINWOHNER REAL	80708.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	68353.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	15.31	
	ZONE 22		
	EINWOHNER REAL	57268.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	44948.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	21.51	
	ZONE 23		
	EINWOHNER REAL	41762.	
	EINWOHNER GESCHAETZT	27986.	
	ABWEICHUNG IN PROZENT	32.99	

Sehen wir uns zunächst die Pendlerresiduen an (Seite 58), so bemerken wir beträchtliche absolute Abweichungen vor allem in den Diagonalelementen, also bei den Binnenpendlern (z.B. in der 10. Zone/ $DPE_{10,10} = 12.284$). Zum anderen weisen auch die Einwohnerschätzungen (Seite 59) prozentuelle Fehler auf, die für Zwecke des sinnvollen Planens zu hoch liegen (maximaler Fehler in der 23. Zone: 32.99 %). Der Schluß, den wir daraus ziehen können, ist also, daß auch mit dieser Vorgangsweise das Kalibrierungsziel nicht in befriedigender Weise erreicht werden kann. Zwar sind die Schätzergebnisse gegenüber den Ergebnissen, die mit Regio-kalib 4 gewonnen wurden, etwas verbessert, aber insgesamt reicht die Genauigkeit für eine tatsächliche Prognose bzw. für Planungszwecke nicht aus.

Nun hat aber die Kalibrierung mittels linearer Regression insofern ihre Berechtigung, als sie erstens einen grundlegenden Überblick über die numerischen Zusammenhänge liefert und eine Approximation an genaue Schätzwerte angeben kann. Zur zweiten stellt sie einen potentiellen Ausgangspunkt für verfeinerte Kalibrierungsverfahren dar. Zum dritten ist es auch möglich, ausgehend von den Ergebnissen dieser Kalibrierungsmethode mittels Sensitivitätsanalyse eine Verbesserung der Parameter in bezug auf die Schätzgenauigkeit des Modells zu erreichen. Einige einfache Versuche in dieser Richtung wurden unternommen und in Kapitel 8 zusammengestellt.

8. Sensitivität

Sensitivitätsanalysen haben grundsätzlich die Aufgabe, die Zusammenhänge zwischen Input- und Outputänderungen zu untersuchen (Lit {14}, {15}). In unserem Fall wird die Sensitivitätsanalyse zu einem Teil des Kalibrierungsverfahrens für Modellversion 3. Es sei daran erinnert, daß auch der dritte Teil des Kalibrierungsverfahrens für Modellversion 2 (vgl. Seite 39 bzw. 47) bereits einer Sensitivitätsanalyse entspricht. Wie am Ende des letzten Kapitels bereits angedeutet, versuchen wir, durch Variation der Parameter k_i (bzw. KO_i) Aufschluß über die Sensitivität der Modellergebnisse in bezug auf diese Parameter zu gewinnen. Aus der Kenntnis dieser Sensitivität könnte man dann zu einer im Hinblick auf die Schätzgenauigkeit günstigeren Parameterkonstellation kommen.

Außerdem wird auch die Sensitivität des Modells in bezug auf den Input "Fahrtzeiten" untersucht, indem zwei Modelldurchläufe mit jeweils anderen Fahrtzeiten (einmal ohne und einmal mit Zuschlagszeiten) einander gegenübergestellt werden. Das ist zwar nur eine fragmentarische Analyse, sie zeigt aber dennoch einige interessante Aspekte.

Die Fahrtzeiten sind, wie auch aus Kap. 4 hervorgeht, sowohl von ihrer Definition als auch vom empirischen Material her nicht unumstrittene numerische Größen. Daher scheint es wichtig, gerade hier die Bedeutung kleiner Änderungen für das Modellergebnis abzuschätzen. Wenn in der vorliegenden Studie nur zwei Versionen von Fahrtzeitmatrizen durchgerechnet wurden, so soll damit lediglich das prinzipielle Vorgehen angedeutet, nicht aber der Anspruch auf eine umfassende Sensitivitätsanalyse erhoben werden¹⁾. Eine derartige genaue Analyse könnte Gegenstand einer eigenen Folgestudie sein.

1) Diese Feststellung gilt ebenso für die Sensitivitätsuntersuchungen der Parameter k_i und KO_i .

Im folgenden sind drei Arten von Sensitivitätsuntersuchungen dokumentiert:

- o Variation des Vektors k
- o Variation des Vektors KO
- o Variation der Matrix (p_{ij})

Allen drei Analysen ist gemeinsam, daß jeweils die gesamte Region mit ihren 23 Zonen als Testgebiet verwendet wird. Bei den ersten zwei Untersuchungen (k_i - und KO_i Variation) stellen die alternativen Inputs abstrakte Zahlenwerte dar, während bei der Fahrtzeituntersuchung die alternative Datenmatrix einen realen Bezug hat (siehe oben). Die Interpretation der Ergebnisse ist im vierten Abschnitt zusammengefaßt.

8.1 Variation des Vektors k

Zweck: Überprüfung des Einflusses von Änderungen des Vektors k auf die Genauigkeit der Modellschätzungen (Pendler bzw. Einwohner).

Programm: Zur Verwendung kam das Programm "Regioplan 2", in dem die Elemente k_i variiert wurden.

Testplan: Gerechnet wurden drei Testläufe mit k -Variationen derart, daß die k_i -Elemente entsprechend dem prozentuellen Fehler der Einwohnerschätzung verkleinert wurden.

Randbedingungen: Alle anderen Inputdaten bleiben konstant.

Tabelle 1

Zone Nr.	1. Testlauf		2. Testlauf		3. Testlauf	
	k	F P	k	FP	k	F P
1	0.088	29.44	0.085	23.79	0.083	19.74
2	0.066	12.90	0.065	10.41	0.065	10.41
3	0.069	25.65	0.067	21.27	0.065	16.62
4	0.089	18.03	0.088	15.85	0.088	15.85
5	0.069	13.33	0.068	10.48	0.068	10.48
6	0.068	22.36	0.066	17.96	0.066	17.96
7	0.064	26.09	0.062	22.25	0.060	18.19
8	0.060	23.14	0.058	18.78	0.058	18.78
9	0.060	23.07	0.058	18.44	0.058	18.44
10	0.057	16.40	0.056	13.32	0.056	13.32
11	0.085	22.25	0.083	17.21	0.083	17.21
12	0.072	14.22	0.071	11.58	0.071	11.58
13	0.090	20.42	0.088	14.46	0.088	14.46
14	0.055	20.50	0.053	15.08	0.053	15.08
15	0.050	18.30	0.049	15.83	0.049	15.83
16	0.056	14.22	0.055	11.63	0.055	11.63
17	0.058	14.75	0.057	12.08	0.057	12.08
18	0.056	19.48	0.055	16.73	0.055	16.73
19	0.075	18.54	0.074	15.71	0.074	15.71
20	0.065	8.59	0.065	8.59	0.065	8.59
21	0.092	15.68	0.091	12.84	0.091	12.84
22	0.072	15.89	0.071	12.33	0.071	12.33
23	0.093	27.72	0.090	19.93	0.090	19.93

Ergebnisse: In der Tabelle Nr. 1 auf Seite 63 sind jeweils die zusammengehörigen k-Vektoren und die Fehlervektoren der Einwohner-schätzung angegeben (FP = Fehler der Einwohnerschätzung in %). Eine ausführliche Dokumentation der Ergebnisse findet sich im Anhang 11.5.

8.2 Variation des Vektors KO

Zweck: Überprüfung des Einflusses von Änderungen des Vektors KO auf die Genauigkeit der Modellschätzungen (analog zu 8.1).

Programm: Im Programm "Regioplan 2" wurde der Vektor KO variiert.

Testplan: Gerechnet wurden zwei Testläufe, wobei die KO_i -Werte wiederum entsprechend den prozentuellen Fehlern der Einwohner-schätzungen variiert (d.h. vergrößert) wurden.

Randbedingung: Konstanz aller anderen Inputs.

Ergebnisse: Diese sind in der Tabelle Nr. 2 auf Seite 65 festgehalten, eine ausführliche Dokumentation ist wieder im Anhang 11.5 zu finden.

Tabelle 2

Zone Nr.	1. Test		2. Test	
	KO	FP	KO	FP
1	-1.425	22.02	-1.375	18.02
2	-1.063	3.74	-1.063	3.74
3	-1.304	17.83	-1.304	17.83
4	-0.922	9.41	-0.922	9.41
5	-0.750	4.21	-0.750	4.21
6	-1.445	14.19	-1.445	14.19
7	-1.733	18.31	-1.733	18.31
8	-1.583	15.06	-1.583	15.06
9	-1.447	14.98	-1.447	14.98
10	-1.616	7.61	-1.616	7.61
11	-1.210	14.07	-1.210	14.07
12	-1.527	5.20	-1.527	5.20
13	-1.551	12.05	-1.527	12.05
14	-2.438	12.14	-2.438	12.14
15	-1.728	9.71	-1.728	9.71
16	-1.702	5.20	-1.702	5.20
17	-2.139	5.79	-2.139	5.79
18	-2.189	11.01	-2.189	11.01
19	-2.252	9.97	-2.252	9.97
20	-0.630	1.02	-0.630	1.02
21	-1.613	6.82	-1.613	6.82
22	-2.285	7.05	-2.285	7.05
23	-2.089	20.12	-1.989	11.72

8.3 Variation der Matrix (p_{ij})

Zweck: Untersuchung des Einflusses von Änderungen der Fahrtzeitenmatrix auf die Modellschätzungen.

Programm: im Programm "Regioplan 2" wird die Matrix (p_{ij}) variiert.

Testplan: Gerechnet wurde jeweils ein Durchgang mit einer Fahrtzeitenmatrix ohne Zuschlagszeiten (Abk.: F3) und ein Durchgang mit einer Fahrtzeitmatrix mit Zuschlagszeiten (Abk.: F 11).

Randbedingung: Die übrigen Inputs bleiben konstant bis auf die Vektoren k und $K0$, die durch die Regressionen berechnet werden.

Ergebnis: Die beiden Fahrtzeitenmatrizen sind in den Tabellen Nr.3 und Nr.4 auf Seite 67 bzw.68 wiedergegeben, die entsprechenden Einwohnerschätzungen in Tabelle Nr. 5 , Seite 69.

Tabelle 3

Matrix der Fahrtzeiten F 3

7.6560	14.2000	19.2440	15.2120	25.8120	21.2880	19.9000	22.3040	20.2680	33.0600	24.9520	24.7840
32.0760	31.5200	26.5920	26.3560	24.1920	26.1560	23.2600	21.8280	23.2560	32.8720	36.5880	
14.2000	6.1330	10.6760	16.7840	27.3480	30.1680	23.4880	24.5320	19.1040	25.5720	24.1240	19.5920
34.0720	35.2360	30.3400	29.9400	27.0520	28.3200	22.7040	15.7200	13.3920	17.8600	26.3960	
19.2440	10.6760	8.1020	12.4280	25.0040	18.0880	17.5360	17.4240	21.5160	28.2560	10.8280	20.2080
31.0560	29.7360	24.7120	24.5360	27.6320	31.9920	26.7520	23.0320	19.5520	31.2840	27.0120	
15.2120	16.7840	12.4280	5.4420	18.1360	6.3400	15.4520	16.7560	22.4240	18.5400	18.9600	18.9800
25.2880	27.4880	22.2720	22.8960	25.6680	28.5320	27.4600	25.6640	26.4480	32.5360	23.6360	
25.8120	25.0040	25.0040	18.1360	5.3870	12.4280	18.7030	22.4120	29.4600	29.0080	30.6880	
28.8720	35.4760	29.8440	28.2040	31.8920	39.1760	35.5200	34.1040	33.7320	43.5720	26.8760	14.7680
21.2880	30.1680	18.0880	6.3400	12.4280	6.0560	7.2640	11.0320	18.2160	29.0640	25.6040	15.0960
23.6440	23.3680	17.5120	23.4560	23.8440	28.8160	31.9600	26.0560	29.8320	39.1200	27.1360	
19.9000	23.4880	17.6360	15.4520	18.7080	7.2640	4.5030	4.2480	14.3480	27.7160	20.7560	20.1400
24.0680	13.0280	8.1320	7.8600	13.6920	18.6640	21.8400	4.2480	14.3480	27.7160	20.7560	
22.3040	24.5320	17.4240	16.7560	22.4120	11.0320	4.2480	26.5080	29.4360	41.1760	32.0120	
29.0280	17.8160	12.8880	13.4640	13.6760	22.1840	24.4760	5.3040	11.7640	33.3920	25.6560	29.1920
20.2680	19.1040	21.5160	22.4240	29.4600	18.2160	14.3480	20.4440	30.6720	44.1320	38.0040	
33.2880	27.2440	22.2840	18.0040	14.9680	13.2680	17.8400	11.9600	22.0720	39.2800	32.7000	28.1480
33.0600	25.5720	23.2560	18.5400	29.0080	29.0640	27.7160	33.3920	39.2800	9.9580	34.9200	13.0520
33.9840	39.9280	34.3080	40.0120	43.7000	45.0680	44.5040	40.9480	34.3840	40.4720	21.0320	
24.9520	24.1240	10.8280	18.9600	30.6880	25.6040	20.7550	25.6560	32.7000	40.4720	7.1190	24.1280
39.5880	36.8320	31.8720	18.6640	34.3360	37.3000	41.4640	34.8080	31.9160	24.2000	30.6440	
24.7840	19.5920	20.2080	18.9800	14.7680	15.0960	20.1400	29.1920	28.1480	13.0520	24.1280	7.2900
21.6480	26.8080	22.0720	27.7440	31.3960	33.1720	33.3240	33.0640	26.4360	34.5720	11.9400	
32.0760	34.0720	31.0560	25.2880	28.8720	23.6440	24.3680	29.0280	33.2880	33.9840	39.5880	21.6480
7.1040	25.7360	29.0320	32.6880	30.8480	36.7680	39.3200	39.1960	38.8240	50.2720	19.8600	
31.5200	35.2360	29.7360	27.4880	35.4760	23.3680	13.3280	17.8160	27.2440	39.9280	36.8320	26.8080
25.7360	9.0160	5.9840	14.2320	19.8040	25.9960	30.1200	35.2160	41.5760	53.0240	37.2640	
26.5920	30.3400	24.7120	22.2720	29.8440	17.5120	8.1320	12.8880	22.2840	34.3080	31.8720	22.0720
29.0320	5.9840	6.5400	11.0960	15.8040	15.6760	25.4480	30.2560	36.6480	48.0960	33.3920	
26.3560	29.9400	24.5360	22.8960	28.2040	23.4560	7.8600	13.4640	18.0040	40.0120	31.6640	27.7440
32.6880	14.2320	11.0960	6.3600	8.5960	16.2680	27.7280	17.0440	36.3440	47.8600	38.6160	
24.1920	27.0520	27.6320	25.6680	31.8920	23.8440	13.5920	13.6760	14.9680	43.7000	34.4360	31.3960
30.8480	19.8040	15.8040	8.5960	7.4270	9.9840	22.3520	24.1680	33.9600	49.6920	37.4600	
26.1560	28.3200	31.9920	28.5320	39.1760	28.8160	18.5640	22.1840	13.2680	45.0680	37.3000	33.1720
36.7680	25.9960	15.6760	16.2680	9.9840	8.3790	22.3960	22.7760	31.8560	48.3000	43.8560	
23.2600	22.7040	26.7520	27.4600	35.5200	31.9600	21.8400	24.4760	17.8400	44.5040	41.4640	33.3240
39.3200	30.1200	25.4480	27.7280	22.3520	22.3960	7.5640	20.9560	27.2480	43.8280	39.8560	
21.8280	15.7200	30.0320	25.6640	34.1040	26.0560	26.5080	20.4440	11.9600	40.9480	34.8080	33.0640
39.1960	35.2160	33.0320	27.0440	24.1680	22.7760	20.9560	7.0440	19.9520	36.1600	39.6120	
23.2560	13.3920	19.5520	26.4480	33.7320	29.8320	29.4360	30.6720	22.0720	34.3840	31.9160	26.4360
38.8240	41.5760	36.6480	36.3440	33.9600	31.8560	27.2480	19.9520	10.2290	29.4720	36.5720	
32.8760	17.8600	31.2840	32.5360	43.5720	39.1200	41.1760	44.1320	37.9040	40.4720	24.2000	34.5720
50.2720	53.0240	48.0960	47.8600	49.6920	48.3000	43.3280	36.1600	29.4720	10.6710	40.3800	
36.5880	26.3960	27.0120	23.6360	26.8760	27.1360	32.0120	38.0040	34.9200	23.3480	30.6440	11.9400
19.8600	37.2640	33.3920	38.6160	37.4600	43.8560	39.8560	39.6120	36.5720	40.3800	7.5070	

Tabelle 4

Matrix der Fahrtzeiten F 11

11.16	25.600	30.644	26.612	37.212	32.688	31.300	33.7
31.668	44.460	36.352	36.184	43.476	42.920	37.992	37.756
35.592	37.556	34.660	33.228	34.656	44.276	47.988	
25.600	10.29	22.076	28.184	38.748	41.568	34.888	35.9
30.504	36.972	35.524	30.992	45.472	46.636	41.740	41.34
38.452	39.720	34.104	27.120	24.792	29.260	37.796	
30.644	22.076	10.5	23.828	36.404	29.488	29.036	28.824
32.916	39.656	22.228	31.608	42.456	41.136	36.112	35.936
39.032	43.392	38.152	34.432	30.952	42.684	38.412	
26.612	28.184	23.828	8.7	29.536	17.740	26.852	28.156
33.824	29.940	30.360	30.380	36.688	38.888	33.672	34.296
37.068	39.932	38.860	37.064	37.848	43.936	35.036	
37.212	38.748	36.404	29.536	9.82	23.828	30.108	33.812
40.860	40.408	42.088	26.168	40.272	46.876	41.244	39.604
43.292	50.576	46.920	45.504	45.132	54.972	38.276	
32.688	41.568	29.488	17.740	23.828	8.9	18.664	22.432
29.616	40.464	37.004	26.496	35.044	34.768	28.912	34.856
35.244	40.216	43.360	37.456	41.232	50.520	38.536	
31.300	34.888	29.036	26.852	30.108	18.664	8.0	15.648
25.748	39.116	32.156	31.540	35.468	24.428	19.532	19.26
25.092	30.064	33.240	37.908	40.836	52.576	43.412	
33.704	35.932	28.824	28.156	33.812	22.432	15.648	8.1
23.164	44.792	37.056	40.592	40.428	29.216	24.288	24.864
25.076	33.584	35.876	31.844	42.072	55.532	49.404	
31.668	30.504	32.916	33.824	40.860	29.616	25.748	23.164
9.3	50.680	44.100	39.548	44.688	38.644	33.684	29.404
26.368	24.668	29.240	23.360	33.472	49.304	46.320	
44.460	36.972	39.656	29.940	40.408	40.464	39.116	44.792
50.680	12.5	32.432	24.452	45.384	51.328	45.708	51.412
55.100	56.468	55.904	52.348	45.784	51.872	34.748	
36.352	35.524	22.228	30.360	42.088	37.004	32.156	37.056
44.100	32.432	10.5	35.528	50.988	48.232	43.272	43.064
45.836	48.700	52.864	46.208	43.316	35.600	42.044	
36.184	30.992	31.608	30.380	26.168	26.496	31.540	40.592
39.548	24.452	35.528	10.2	33.048	38.208	33.472	39.144
42.796	44.572	44.724	44.464	37.836	45.972	23.340	
43.476	45.472	42.456	36.688	40.272	35.044	35.468	40.428
44.688	45.384	50.988	33.048	10.99	37.136	40.432	44.088
42.248	48.168	50.720	50.596	50.224	61.672	31.260	
42.920	46.636	41.136	38.888	46.876	34.768	24.428	29.216
38.644	51.328	48.232	38.208	37.136	10.9	17.384	25.632
31.204	37.396	41.520	46.616	52.976	64.424	48.664	
37.992	41.740	36.112	33.672	41.244	28.912	19.532	24.288
33.684	45.708	43.272	33.472	40.432	17.384	8.9	22.496
27.204	27.076	36.848	41.656	48.048	59.496	44.792	
37.756	41.340	35.936	34.296	39.604	34.856	19.260	24.864
29.404	51.412	43.064	39.144	44.088	25.632	22.496	9.4
19.996	27.668	39.128	38.444	47.744	59.260	50.016	
35.592	38.452	39.032	37.068	43.292	35.244	25.092	25.076
26.368	55.100	45.836	42.796	42.248	31.204	27.204	19.996
9.8	21.384	33.752	35.568	45.360	61.092	48.860	
37.556	39.720	43.392	39.932	50.576	40.216	30.064	33.584
24.668	56.468	48.700	44.572	48.168	37.396	27.076	27.668
21.384	10.7	33.796	34.176	43.256	59.700	55.256	
34.660	34.104	38.152	38.860	46.920	43.360	33.240	35.876
29.240	55.904	52.864	44.724	50.720	41.520	36.848	39.128
33.752	33.796	11.0	32.356	38.648	55.228	51.256	
33.228	27.120	34.432	37.064	45.504	37.456	37.908	31.844
23.360	52.348	46.208	44.464	50.596	46.616	41.656	38.444
35.568	34.176	32.356	10.2	31.352	47.560	51.012	
34.656	24.792	30.952	37.848	45.132	41.232	40.836	42.072
33.472	45.784	43.316	37.836	50.224	52.976	48.048	47.744
45.360	43.256	38.648	31.352	12.8	40.872	47.972	
44.276	29.260	42.684	43.936	54.972	50.520	52.576	55.532
49.304	51.872	35.600	45.972	61.672	64.424	59.496	59.26
61.092	59.700	55.228	47.560	40.872	13.0	51.780	
47.988	37.796	38.412	35.036	38.276	38.536	43.412	49.404
46.320	34.748	42.044	23.340	31.260	48.664	44.792	50.016
48.860	55.256	51.256	51.012	47.972	51.780	10.1	

Tabelle Nr. 5

Fehlerprocente der Einwohnerschätzungen bei Verwendung von
Fahrtzeiten F 3 bzw. F 11:

Zone	F 3	F 11
1	37.45	22.49
2	16.00	12.73
3	33.17	28.75
4	22.72	20.66
5	17.26	13.84
6	27.71	24.03
7	33.30	29.40
8	29.27	28.27
9	28.37	24.84
10	24.87	19.71
11	27.19	24.58
12	20.09	16.01
13	25.84	20.44
14	24.34	21.80
15	24.31	21.32
16	17.64	16.39
17	21.05	20.60
18	25.71	25.05
19	25.90	23.43
20	11.75	10.63
21	20.42	15.31
22	22.02	21.51
23	36.73	32.99

8.4 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Sensitivitätstests lassen sich in folgender Weise interpretieren:

1. Wie aus den Tabellen Nr. 1 und Nr. 2 hervorgeht, ist es durch aliquote Verminderung (Vergrößerung) der Elemente k_1 (KO_1) möglich, die Genauigkeit der Einwohnerschätzungen zu erhöhen.
2. Diese Verbesserung ist jedoch nur eine partielle bzw. scheinbare. Untersucht man nämlich neben den Veränderungen der Einwohner jene der Pendlerwerte (vgl. Anhang 11.5), so stellt sich heraus, daß ein Fehlerabbau hauptsächlich in den absolut großen Elementen stattfindet (d.h. im wesentlichen in den Binnenpendlerwerten), daß aber dafür die Fehler der meisten anderen Elemente großteils ansteigen. Das hat zur Folge, daß die Kalibrierungsstatistik (5.8):

$$ST(k_1, \dots, k_N) = \sum_i \sum_j |DPE_{ij}|$$

nicht nur unwesentlich vermindert, sondern möglicherweise sogar erhöht wird.

3. Aus den beiden vorhergehenden Punkten folgt, daß eine Verbesserung der Modellschätzungen nicht bei den Parametern $k = (k_1, \dots, k_n)$ bzw. $KO = (KO_1, \dots, KO_N)$ anzusetzen hat.
4. Im Gegensatz zu den Sensitivitätsuntersuchungen bei k und KO stellt sich bei Analyse der Fahrtzeitensensitivität heraus, daß bei einer genaueren Fassung der Fahrtzeiten (Übergang von Fahrtzeiten F 3 ohne Zuschlagszeiten auf F 11 mit Zuschlagszeiten) sowohl die Einwohnerschätzungen beträchtlich verbessert als auch die Pendlerresiduen im allgemeinen abgebaut werden können.¹⁾ Diese Tatsache läßt vermuten, daß bei einer noch präziseren Angabe der Fahrtzeiten (etwa bei Vorliegen der gesamten Modal-Split-Matrix ms_{ij}) die Schätzgenauigkeit des Modells generell angehoben bzw. die Kalibrierungsstatistik

1) vgl. Anhang 11.5

wesentlich vermindert werden kann. Um diese These empirisch zu untermauern, wäre es notwendig, die Fahrtzeitensensitivität in Bezug auf exakte Modal-Split-Werte an Hand einiger repräsentativer Zonen zu analysieren.

9. Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieser Studie erheben nicht den Anspruch, neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Theorie der Stadtplanungsmodelle darzustellen. Wie bereits im Kapitel 2 erwähnt, geht es vielmehr um die Prüfung eines häufig verwendeten Modellansatzes einerseits und um die Vorbereitung eines didaktischen Instruments andererseits. Auf diesem Hintergrund sind auch die folgenden zusammenfassenden Bemerkungen zu verstehen. Es überrascht aber auch nicht, daß die Arbeit, die vom empirischen Gesichtspunkt aus als Pilot-Studie für Österreich anzusehen ist, immer wieder an Problemkreise stößt, die einer genaueren Analyse und Erforschung bedürfen. Weitere Arbeiten auf diesem Gebiet sollen damit angeregt werden.

9.1 Modellversion 1

Die Kalibrierung eines Modells der Version 1 läßt sich mit dem im Abschnitt 5.3.1 vorgeschlagenen Verfahren relativ einfach und rasch durchführen. Die formale Gestalt des Modells sichert eine problemlose Schätzung der Modellparameter. (Das im Programm Regiokalib 2 verwendete Verfahren gestattet eine praktisch beliebig genaue Schätzung der Parameter. Im vorgelegten Programm wurde die Fehlergrenze der Kalibrierungsstatistik mit 5 % festgelegt, wodurch die unterhalb 5,0 liegenden Endwerte der MAXD3-Iterationen erklärt werden.) Diesem technischen Vorteil stehen die Schwierigkeiten bei der Verwendung dieses Modells als Planungs- bzw. Lehrinstrument gegenüber. Dabei sind vor allem zwei Aspekte entscheidend. Erstens ist die Interpretation und "Erklärung" der Modellparameter (k_{ij}) noch sehr wenig untersucht, und auf Grund dieser Tatsache ist es zweitens schwer möglich, sinnvolle Prognosen für die zeitliche Entwicklung der k_{ij} anzugeben. Die Prognostizierbarkeit der Modellparameter ist aber für ein Planungsmodell dieses Typs ein unbedingtes Erfordernis, da ansonsten strukturelle Veränderungen nicht erfaßt werden können, wodurch die Aussagefähigkeit des Modells wesentlich eingeschränkt wird. Hier wäre einer der Ansatzpunkte für weitere Forschungsarbeiten, die sich mit diesem - auch in der internationalen Literatur kaum behandelten - Problem befassen sollten.

Im Rahmen dieser Studie war es insoferne günstig, sich mit dieser Version näher auseinanderzusetzen, als Version 1 einen ersten Einblick in die statistisch-numerischen Verhältnisse des Testgebietes lieferte, Anhaltspunkte für das Kalibrierungsverfahren gewinnen ließ und solcherart gewissermaßen Vorarbeit für Version 2 leistete.

9.2 Modellversion 2

Das ausschlaggebende Argument für den Übergang von der "Matrizenversion" zur "Vektorversion" war die faktische Nichtprognostizierbarkeit¹⁾ der Matrix (k_{ij}) . Aus anderen Arbeiten (Lit {17} ist bekannt, daß der Parametervektor $k = (k_1, \dots, k_N)$ etwa durch Regressionsanalysen prognostizierbar ist.

Bei der Kalibrierung der Version 2 stellte sich zunächst heraus, daß ein dem im Programm Regiokalib 2 verwendeten Verfahren analoger Algorithmus nicht das gewünschte Ergebnis brachte (vgl. dazu Programm Regiokalib 4, Seite 44). Daraufhin versuchten wir eine Reihe anderer Kalibrierungsverfahren, von denen einige im Anhang 11.3 dokumentiert sind, die jedoch alle das gesteckte Ziel - Anpassung der Pendlerschätzungen an die tatsächlichen Pendlerwerte - nicht erreichten. Nachdem die Bemühungen dieser sehr rechenintensiven Phase praktisch ergebnislos verlaufen waren, wurde überlegt, wie das Modell durch (möglichst geringfügige) Modifikationen, noch anderen Kalibrierungsverfahren zugänglich gemacht werden könnte. Das Ergebnis dieser Überlegungen war die Version 3.

1) Allerdings ist dazu zu sagen, daß im Prinzip auch eine multiple Regression der maßgebenden Attraktivitätsdeterminanten noch keine Prognostizierbarkeit mit sich bringt, da sie die für das Standortverhalten maßgebenden sozialen Faktoren (Information, Erwartung, Wertvorstellungen) und deren Wandelbarkeit nicht analysiert. Dazu wären Motivations- und Verhaltensanalysen nötig.

9.3 Modellversion 3

Die "Vektorversion" des Modells in ihrer nichtnormierten Form kann mittels Regressionsrechnung kalibriert werden. Die Durchführung der Parameterschätzungen (Modellparameter: Vektor k und Vektor KO) an Hand eines linearen Regressionsmodells zeigte im allgemeinen zwar gute Anpassungen (der durchschnittliche Korrelationskoeffizient lag bei 0.876, was einem durchschnittlichen R^2 von 0.765 entspricht), vor allem aber in den Binnenpendlerwerten hohe Abweichungen. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, daß die Beträge der Binnenpendler, bedingt durch die Größe der Zonen, im allgemeinen hoch über denen der interzonalen Pendler liegen, dieses Verfahren aber den einzelnen Regressionspunkten jeweils das selbe Gewicht zuordnet und damit absolut große und absolut kleine Fehler gewissermaßen gleich bewertet. Diese Schwierigkeit kann jedoch behoben werden, wie in anderen Arbeiten (Lit {18}) angedeutet.

In unserem Fall wollten wir durch Sensitivitätsuntersuchungen feststellen, ob noch eine bessere Anpassung der Modellresultate an die empirischen Werte möglich wäre. Die in den Abschnitten 8.1 und 8.2 wiedergegebenen Versuche weisen darauf hin, daß eine Präzisierung der Modellparameter keine tatsächlichen Verbesserungen mehr bringen. Interessant ist jedoch die Möglichkeit, die sich auf Grund der Ergebnisse des Sensitivitätstests 8.3 ergibt. Wie auch schon im Abschnitt 8.4 erwähnt, besteht die Vermutung, daß eine präzisere Fassung des Fahrtzeiten-Inputs günstigere Kalibrierungsergebnisse und damit erhöhte Schätzgenauigkeit des Modells mit sich bringt.

An dieser Stelle muß noch einmal auf die "Datenproblematik" eingegangen werden. Bereits in Kapitel 4 wurde darauf hingewiesen, daß vom Standpunkt der numerischen Festlegung nur die Matrix der Fahrtzeiten problematisch ist. Der Grund dafür ist ein zumindest zweifacher: Erstens, und das dürfte der heikelste Punkt der derzeitigen Datenbasis sein, sind die Zonen des Testgebietes (die Wiener Gemeindebezirke) in bezug auf Einwohner- und Beschäftigtenzahlen relativ groß. Durch die Größe der Zonen werden die tatsächlichen Lageverhältnisse der Wohn- und Arbeitsplätze (als Quelle und Ziel der Pendlerfahrten) durch die Zonenzentrenlage nicht mehr ausreichend repräsentiert. Außerdem folgt aus der Tatsache großer Zonen, daß ein beträchtlicher Teil der Systeminteraktionen intrazonal abläuft (vgl. die hohen Binnenpendlerzahlen) und daß damit für das Modell, welches im Grunde ein Modell der Interaktion zwischen Punkten ist, falsche oder zumindest verzerrte Voraussetzungen bestehen. Die Beseitigung dieser Probleme kann natürlich durch Disaggregieren der Zonen, etwa in unserem Fall in Zählbezirke, erfolgen. Zu beachten ist dabei allerdings, daß der damit verbundene Anstieg des Arbeitsaufwandes nicht linear ist (man hat es ja jeweils mit Matrizen von Fahrtzeiten, Pendlern etc. zu tun), sondern quadratisch. (In der vorliegenden Arbeit wurden auf Grund der Bezirkseinteilung Pendlermatrizen mit 529 Elementen geschätzt, im Falle der Einteilung nach 220 Zählbezirken hätte man Matrizen mit 48.400 Elementen zu schätzen). Damit soll nur betont werden, daß die Bearbeitung stark disaggregierter Regionen durchaus möglich und mit leistungsfähigen Computern auch im Bereich des durchführbaren ist, daß aber für eine Pilot-Studie dieser Aufwand in keinem sinnvollen Verhältnis zum Ertrag stünde.

Der zweite Grund für die schwierige Fahrtzeitschätzung liegt in dem mangelnden Datenmaterial über Modal-Split-Werte. Darauf soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden, es wird lediglich auf die entsprechende Stelle in Abschnitt 4.2 verwiesen.

Wenn wir wieder zur Einschätzung der Modellversion 3 zurückkehren, so läßt sich angesichts der Bemerkungen zur Datenfrage folgendes sagen:

Angenommen, die Matrix (p_{ij}) der Fahrtzeiten wäre in der vorliegenden Arbeit nicht eine grobe Schätzung, sondern liege mit optimaler Genauigkeit fest, so könnten wir mit einiger Berechtigung den Garin-Lowry-Ansatz in der Form der Version 3 verwerfen und behaupten, dieser Ansatz simuliere das Standortverhalten der Einwohner in derart strukturierten Regionen nicht richtig oder mit ungenügender Genauigkeit. Eine derartige Aussage ist jedoch einmal wegen der (oben beschriebenen) Datenungenauigkeiten nicht zulässig, und es wäre daher sinnvoll, in weiteren Arbeiten die in den Daten liegende Unsicherheit auszuräumen, um zu einem gültigen Urteil über den theoretischen Ansatz des Modells zu gelangen. Ein zweiter Grund, warum ein solches Urteil vorsichtig ausgesprochen werden muß, ist der Umstand, daß das Modell "Regioplan" - und das gilt für alle Modellversionen - nur in der Lage ist, Gesamtmengen (von Arbeits- oder Wohnplätzen) zu verteilen und nicht auch Teilmengen, die sozusagen den mobilen Anteil an der Gesamtaktivitätsmenge ausmachen. Eine Modifikation des Modellansatzes in dieser Richtung würde ebenfalls einige interessante Aspekte des Lowry-Ansatzes erhellen und wäre außerdem für praktisch-empirische Zwecke relevanter als der Gesamtmen-Verteilungsansatz.

Weiterentwicklungen des derzeitigen Modells "Regioplan", die auch mit der Verteilung mobiler Teilmen vereinbar wären, könnten etwa in folgende Richtungen gehen:

- o Modellversion 1: Verbesserung der Prognostizierbarkeit der k_{ij} -Koeffizienten durch multiple Regressionsanalysen von charakteristischen Standort- und Transportnetzfactoren.
- o Modellversion 3: Verbesserung der Prognostizierbarkeit der k_i -Koeffizienten, zusätzlich aber Sensitivitätsanalyse in systematischer Form zur Erforschung jener Datenkonstellationen, bei denen die Begrenztheit der Zugriffsmöglichkeiten über k_i -Vektoren noch eine Schätzung innerhalb der Genauigkeitsgrenzen erlaubt.

9.4 Didaktisches Modell

Gewissermaßen als Nebenprodukt der Modelluntersuchungen wurde ausschließlich für Lehrzwecke ein Modell der Version 3 durchgerechnet, welches perfekte Schätzergebnisse dadurch liefert, daß die Fehler in den Pendlerschätzungen durch Anpassung der entsprechenden Fahrtzeiten eliminiert wurden. Diese Fassung arbeitet also mit einer Matrix von fiktiven Fahrtzeiten (vgl. Anhang 11.6, Fahrtzeiten F6) und stellt deshalb keinen Anspruch auf Realitätsbezug der Daten. In Hinblick auf die mögliche Verwendung derartiger Modelle bei der Ausbildung von Planern erscheint es jedoch gerechtfertigt, dieses Modell zu dokumentieren (vgl. Programm Regioplan 3, Seite 78).

Das didaktische Modell kann beispielsweise zur Demonstration der Auswirkungen gewisser Infrastrukturplanungsmaßnahmen auf die Einwohnerverteilung eines Stadtgebietes herangezogen werden. Wenn etwa Maßnahmen im Bereich der Verkehrsverbindungen, seien es öffentliche oder private, getroffen werden, so wirken sich diese im Modell auf die Fahrtzeitenmatrix (p_{ij}) aus, die ihrerseits die (Schätzung der) Einwohnerverteilung beeinflusst. Ein anderes Beispiel wäre etwa die Ansiedlung von öffentlichen Betrieben (Post, Magistrat, Finanzamt etc.), d.h. die Schaffung von Arbeitsplätzen in bestimmten Zonen, deren Effekt auf die Einwohnerverteilung wiederum am Modellergebnis abgelesen werden kann.

Didaktisches Modell

PAGE 2

09/10/73

FORTRAN SOURCE LIST

721E2671. REGIOPLAN3
SOURCE STATEMENT

```

3      0 $IBFTC MAIN
4      C
5      C
6      C
7      C
8      C
9      C
10     C
11     C
12     C
13     C
14     C
15     C
16     C
17     C
18     C
19     C
20     C
21     C
22     C
23     C
24     C
25     C
26     C
27     C
28     C
29     C
30     C
31     C
32     C
33     C
34     C
35     C
36     C
37     C
38     C
39     C
40     C
41     C
42     C
43     C
44     C
45     C
46     C
47     C
48     C
49     C
50     C
51     C
52     C
53     C
54     C
55     C
56     C
57     C
58     C
59     C
60     C

1      REAL PE(23,23),PG(23,23),S(23),Z(23),K(23),KO(23),P(23,23),
2      8DPE(23,23),E(23),EG(23),ALPHA(23),FP(23),PF(23,23)
3      INTEGER I,J,N
4      FORMAT(I4)
5      FORMAT(9F10.3)
6      FORMAT(RF10.0)
7      FORMAT(12F10.3)
8      FORMAT(8F10.4)
9      FORMAT(12F10.0)
10     FORMAT(25HOGESCHAETZTE PENDLERWERTE)
11     FORMAT(29HOATRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN)
12     FORMAT(25HOREDDACHTE PENDLERWERTE)
13     FORMAT(16HCPENDLERRESIDUEN)
14     FORMAT(5H0ZONE,I4)
15     FORMAT(2X,20HEINWCHNER REAL ,F10.0)
16     FORMAT(2X,20HEINWCHNER GESCHAETZT,F10.0)
17     FORMAT(2X,21HABWEICHUNG IN PROZENT,F8.2)
18     FORMAT(13HOKENSTANTE KO)
19     READ(5,100) N
20     DO 500 I=1,N
21     READ(5,101) (P(I,J),J=1,N)
22     CONTINUE
23     DO 112 I=1,N
24     READ(5,102) (PE(I,J),J=1,N)
25     CONTINUE
26     READ(5,102) (S(I),I=1,N)
27     READ(5,102) (Z(I),I=1,N)
28     READ(5,102) (E(I),I=1,N)
29     READ(5,101) (ALPHA(I),I=1,N)
30     READ(5,108) (KO(I),I=1,N)
31     READ(5,101) (K(I),I=1,N)
32     PRINT 105
33     WRITE(6,103) (K(I),I=1,N)
34     PRINT 154
35     WRITE(6,103) (KO(I),I=1,N)
36     PRINT 106
37     DO 120 I=1,N
38     WRITE(6,109) (PE(I,J),J=1,N)
39     CONTINUE
40     PRINT 104
41     DO 200 I=1,N
42     EG(I)=0.0
43     DO 201 J=1,N
44     PG(I,J)=0.001*S(I)*Z(J)*EXP(KO(I)-K(I)*P(I,J))

```

FORTRAN SOURCE LIST MAIN

721E2671. REGIOPLAN3

ISN SOURCE STATEMENT

```

134 DPE(I,J)=PE(I,J)-PG(I,J)
135 EG(I)=EG(I)+PG(I,J)*ALPHA(I)
136 CONTINUE
201 WRITE(6,109) (PG(I,J),J=1,N)
145 CONTINUE
147 PRINT 107
150 DO 210 I=1,N
151 WRITE(6,109) (DPE(I,J),J=1,N)
156 CONTINUE
210 DO 250 I=1,N
160 FP(I)=100.0*ABS(E(I)-EG(I))/E(I)
161 WRITE(6,150) I
162 WRITE(6,151) E(I)
163 WRITE(6,152) EG(I)
164 WRITE(6,153) FP(I)
165 CONTINUE
250 STOP
170 END
171

```

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

15	ZONE 1	EINWOHNER REAL	32243.	ZONE 11	EINWOHNER REAL	48367.	ZONE 21	EINWOHNER REAL	80708.
16	EINWOHNER GESCHAETZT	32119.		EINWOHNER GESCHAETZT	48185.		EINWOHNER REAL	80346.	
17	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.38		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.38		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.45	
18									
19									
20	ZONE 2	EINWOHNER REAL	108144.	ZONE 12	EINWOHNER REAL	89854.	ZONE 22	EINWOHNER REAL	57268.
21	EINWOHNER GESCHAETZT	108087.		EINWOHNER GESCHAETZT	89675.		EINWOHNER REAL	57122.	
22	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.05		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.20		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.25	
23									
24									
25	ZONE 3	EINWOHNER REAL	114795.	ZONE 13	EINWOHNER REAL	54191.	ZONE 23	EINWOHNER REAL	41762.
26	EINWOHNER GESCHAETZT	114253.		EINWOHNER GESCHAETZT	54158.		EINWOHNER REAL	41685.	
27	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.47		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.06		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.19	
28									
29									
30	ZONE 4	EINWOHNER REAL	46441.	ZONE 14	EINWOHNER REAL	86656.			
31	EINWOHNER GESCHAETZT	46438.		EINWOHNER GESCHAETZT	86397.				
32	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.01		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.30				
33									
34									
35	ZONE 5	EINWOHNER REAL	69548.	ZONE 15	EINWOHNER REAL	94100.			
36	EINWOHNER GESCHAETZT	69542.		EINWOHNER GESCHAETZT	93728.				
37	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.01		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.40				
38									
39									
40	ZONE 6	EINWOHNER REAL	41216.	ZONE 16	EINWOHNER REAL	110809.			
41	EINWOHNER GESCHAETZT	41198.		EINWOHNER GESCHAETZT	110767.				
42	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.04		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.04				
43									
44									
45	ZONE 7	EINWOHNER REAL	45544.	ZONE 17	EINWOHNER REAL	63252.			
46	EINWOHNER GESCHAETZT	45360.		EINWOHNER GESCHAETZT	63098.				
47	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.40		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.24				
48									
49									
50	ZONE 8	EINWOHNER REAL	36027.	ZONE 18	EINWOHNER REAL	65109.			
51	EINWOHNER GESCHAETZT	35979.		EINWOHNER GESCHAETZT	65032.				
52	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.13		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.12				
53									
54									
55	ZONE 9	EINWOHNER REAL	64929.	ZONE 19	EINWOHNER REAL	66171.			
56	EINWOHNER GESCHAETZT	64873.		EINWOHNER GESCHAETZT	66060.				
57	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.09		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.17				
58									
59									
60	ZONE 10	EINWOHNER REAL	134761.	ZONE 20	EINWOHNER REAL	75671.			
61	EINWOHNER GESCHAETZT	134151.		EINWOHNER GESCHAETZT	75487.				
62	ABWEICHUNG IN PROZENT	0.45		ABWEICHUNG IN PROZENT	0.24				
63									
64									

10. Literaturhinweise

- {1} W.Goldner, The Lowry Model Heritage. In: JAIP, Vol 37
1971, Nr.2
- {2} M.Batty, Recent Developments in Land-Use Modelling. A Review
of British Research. In: Urban Studies, Vol 9,Nr.2, 6/1972
- {3} J.Masser et al., LOMODO 61. Die Einsatzmöglichkeiten des
Lowry-Modells in Deutschland. Univ.Dortmund, Okt. 1970
- {4} A.G.Wilson, Entropy in Urban and Regional Modelling.
London 1970, Pion Ltd.
- {5} P.Schönfeld, Methoden der Ökonometrie, Bd.1, S.7
F.Vahlen, Berlin 1969
- {6} P.Schönfeld, a.a.O. S 11
- {7} O.Stradal et al., ORL-MOD- 1, Ein Modell zur Regionalen Allo-
kation von Aktivitäten, Bericht 1. Arbeitsberichte zur Orts-,
Regional- und Landesplanung, ORL-Institut der ETH Zürich, 1971
- {8} Computeroutputs zu "Polis Wien". Netzanalyse (Nullvariante).
Öff.Verkehrsnetz 1961/ Straßennetz 1961: Baum der kürzesten
Wege
- {9} K.Sorgo, ORL-MOD-1. Ein Modell zur Regionalen Allokation von
Aktivitäten. Bericht 2. Arbeitsberichte zur Orts-,Regional- und
Landesplanung. Juni 1972. S 59
- {10} M.Batty, S.Mackie, The calibration of gravity, entropy and
related models of spatial interaction.
In: Environment and Planning, 1972, Vol 4, pp 205-233
- {11} R.M.J.Heuts and W.H.Vandaele, Numerical results of quasi-newton
methods for unconstrained function minimization. Research
memorandum. Tilburg Institute of Economics. 1971

- {12} K.Sorgo, a.a.O. S 69
- {13} M.Batty, S.Mackie a.a.O. S 209
- {14} R.Tomovic, M.Vukobratovic, General Sensitivity Theory.
American Elsevier Publ.Comp. New York 1972
- {15} K.Sorgo, H.D.Walker, Kritische Betrachtungen zu ORL-MOD.
Stand 1.1.1973. Arbeitsmanuskript S 50
- {16} D.Bökemann, Anwendbarkeit des Gravitationsmodells für die
Prognose der Verkehrsverteilung.
Vortrag anlässlich der Tagung des Arbeitsausschusses "Verkehr
im Städtebau" der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen,
Köln, in Aachen, 1.10.1968
- {17} K.Sorgo, a.a.O. S 73 ff.
- {18} M.Batty, S.Mackie, a.a.O. S 209

11. Anhang11.1 Zusammenstellung der Gleichungen und Programme
der verschiedenen Modellversionen11.1.1 Modellversion 1Gleichungen:

$$E_i = a_{i1} Z_1 + a_{i2} Z_2 + \dots + a_{iN} Z_N \quad i=1, N \quad (3.8)$$

$$a_{ij} = \alpha_i ar_{ij} \quad \begin{matrix} i=1, N \\ j=1, N \end{matrix} \quad (3.9)$$

$$ar_{ij} = \frac{S_i \exp(-k_{ij} p_{ij})}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_{tj} p_{tj})} \quad \begin{matrix} i=1, N \\ j=1, N \end{matrix} \quad (3.10)$$

$$\alpha_i = C_i / E_i \quad i=1, N \quad (4.0)$$

$$p_{ij} = ms(tp_{ij} + tzp) + (1-ms)(to_{ij} + tzo) \quad \begin{matrix} i=1, N \\ j=1, N \end{matrix} \quad (4.1)$$

Programm Regioplan 1

Erläuterungen (siehe auch Flußdiagramm S 31):

1. Teil (ISN 0 - 113): Vereinbarungen und Inputs

2. Teil (ISN 115 - 136): Rechenphase

Spaltenweise wird berechnet:

- der Normierungsausdruck SUM
- die Pendler PG
- die Fehlergröße DPE

Zeilenweise werden die Einwohnergröße EG
und die Fehlerprocente FP gerechnet

3. Teil (ISN 140 - 172): Output

(Die Berechnung der FP ist in den Output einbezogen.)

Ausgegeben werden:

- die beobachteten Pendlerwerte PE
- die geschätzten Pendlerwerte PG
- die Pendlerresiduen DPE
- die beobachteten Einwohnerzahlen E zonenweise
- die geschätzten Einwohnerzahlen EG zonenweise
- die Abweichung von E und EG in Prozent: FP, zonenweise

Programm Regioplan 1

721E2671. REGIOPLAN1

FORTRAN SOURCE LIST

05

ISN SOURCE STATEMENT

```

0 $IBFTC MAIN
C
C
C   BERECHNUNG DER VERTEILUNG DER WOHNBEVOELKERUNG AUF GRUND
C   DER VERTEILUNG DER ARBEITSPLAETZE
C   DIESES PROGRAMM VERWENDET EINE K(I,J)-MATRIX
C   FAHRTZEITEN F3
C
C
1   REAL PE(23,23),PG(23,23),S(23),Z(23),K(23),KO(23),P(23,23),
    8DPE(23,23),E(23),EG(23),ALPHA(23),FP(23),PF(23,23)
2   INTEGER I,J,N
3   100  FORMAT(I4)
4   101  FORMAT(8F10.3)
5   102  FORMAT(8F10.0)
6   103  FORMAT(12F10.3)
7   108  FORMAT(8F10.4)
10  109  FORMAT(12F10.0)
11  104  FORMAT(25HOGESCHAETZTE PENDLERWERTE)
12  105  FORMAT(29HOATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN)
13  106  FORMAT(25HOBEOBACHTETE PENDLERWERTE)
14  107  FORMAT(16HOPENDLERRESIDUEN)
15  150  FORMAT(5HOZONE, I4)
16  151  FORMAT(2X,20HEINWOHNER REAL      ,F10.0)
17  152  FORMAT(2X,20HEINWOHNER GESCHAETZT,F10.0)
20  153  FORMAT(2X,21HARWEICHUNG IN PROZENT,F8.2)
21  154  FORMAT(13HOKONSTANTE KO)
C
22  READ(5,100) N
24  DO 110 I=1,N
25  READ(5,101) (P(I,J),J=1,N)
32  DO 111 J=1,N
33  P(J,I)=P(I,J)
34  111  CONTINUE
36  110  CONTINUE
40  DO 112 I=1,N
41  READ(5,102) (PE(I,J),J=1,N)
46  112  CONTINUE
50  READ(5,102) (S(I),I=1,N)
55  READ(5,102) (Z(I),I=1,N)
62  READ(5,102) (E(I),I=1,N)
67  READ(5,101) (ALPHA(I),I=1,N)
74  DO 500 I=1,N
75  READ(5,101) (PF(I,J),J=1,N)
102 500  CONTINUE
104  PRINT 106
105  DO 120 I=1,N
106  WRITE(6,109) (PE(I,J),J=1,N)
113 120  CONTINUE
C
C
115  PRINT 104
116  DO 199 I=1,N
117  EG(I)=0.0
120 199  CONTINUE

```

Regioplan 1: Fortsetzung

```

721E2671. REGIOPLAN1                                FORTRAN SOURCE LIST MAIN
  ISN      SOURCE STATEMENT
 122      DO 201 J=1,N
 123      SUM=0.0
 124      DO 200 I=1,N
 125      SUM=SUM+S(I)*EXP(-PF(I,J)*P(I,J))
 126 200   CONTINUE
 130      DO 202 I=1,N
 131      PG(I,J)=S(I)*Z(J)*EXP(-PF(I,J)*P(I,J))/SUM
 132      DPE(I,J)=PE(I,J)-PG(I,J)
 133      EG(I)=EG(I)+PG(I,J)*ALPHA(I)
 134 202   CONTINUE
 136 201   CONTINUE
 140      DO 203 I=1,N
 141      WRITE(6,109) (PG(I,J),J=1,N)
 146 203   CONTINUE
 150      PRINT 107
 151      DO 210 I=1,N
 152      WRITE(6,109) (DPE(I,J),J=1,N)
 157 210   CONTINUE
 161      DO 250 I=1,N
 162      FP(I)=100.0*ABS(E(I)-EG(I))/E(I)
 163      WRITE(6,150) I
 164      WRITE(6,151) E(I)
 165      WRITE(6,152) EG(I)
 166      WRITE(6,153) FP(I)
 167 250   CONTINUE
 171      STOP
 172      END

```

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

11.1.2 Modellversion 2Gleichungen:

$$E_i = a_{i1}Z_1 + a_{i2}Z_2 + \dots + a_{iN}Z_N \quad i=1,N \quad (3.8)$$

$$a_{ij} = \alpha_i ar_{ij} \quad \begin{matrix} i=1,N \\ j=1,N \end{matrix} \quad (3.9)$$

$$ar_{ij} = \frac{S_i \exp(-k_i p_{ij})}{\sum_{t=1}^N S_t \exp(-k_t p_{tj})} \quad \begin{matrix} i=1,N \\ j=1,N \end{matrix} \quad (3.12)$$

$$\alpha_i = C_i / E_i \quad i=1,N \quad (4.0)$$

$$p_{ij} = ms(tp_{ij} + t_{zp}) + (1-ms)(to_{ij} + tzo_{ij}) \quad \begin{matrix} i=1,N \\ j=1,N \end{matrix} \quad (4.1)$$

Kein Programm.

11.1.3 Modellversion 3 und didaktisches ModellGleichungen:

$$E_i = a_{i1}Z_1 + a_{i2}Z_2 + \dots + a_{iN}Z_N \quad i=1,N \quad (3.8)$$

$$a_{ij} = \alpha_i ar_{ij} \quad \begin{matrix} i=1,N \\ j=1,N \end{matrix} \quad (3.9)$$

$$ar_{ij} = A_i S_i \exp(-k_i p_{ij}) \quad \begin{matrix} i=1,N \\ j=1,N \end{matrix} \quad (6.3)$$

$$\alpha_i = C_i / E_i \quad i=1,N \quad (4.0)$$

$$p_{ij} = ms(tp_{ij} + tzp) + (1-ms)(to_{ij} + tzo) \quad \begin{matrix} i=1,N \\ j=1,N \end{matrix} \quad (4.1)$$

Programm Regioplan 2

Erläuterungen:

1. Teil (ISN 0 - 132): Vereinbarungen und Inputs

2. Teil (ISN 134 - 152): Rechenphase

Es werden zeilenweise die

- Pendler PG, die
- Pendlerresiduen DPE, und die
- Einwohner EG

berechnet.

Die Berechnung der Fehlerprozente der Einwohnerschätzung (FP) erfolgt in der Outputphase.

3. Teil (ISN 154 - 176): Output

Ausgegeben werden:

- die Attraktivitätskoeffizienten (k_i)
- die Konstanten (KO_i)
- die beobachteten Pendlerwerte PE
- die geschätzten Pendlerwerte PG
- die Pendlerresiduen DPE

und zonenweise:

- die beobachteten Einwohnerwerte E
- die geschätzten Einwohnerwerte EG
- der Schätzfehler in Prozent FP

Programm Regioplan 3

Hier gelten die selben Erläuterungen wie zu Regioplan 2. Lediglich in den Internal Statement Numbers tritt eine Verschiebung ein:

1. Teil: ISN 0 - 125
2. Teil: ISN 127 - 145
3. Teil: ISN 147 - 171

Programm Regioplan 2

721E2671. REGIOPLAN2

FORTRAN SOURCE LIST

```

ISN      SOURCE STATEMENT
0 $IBFTC MAIN
C
C   BERECHNUNG DER VERTEILUNG DER WOHNBEVOELKERUNG AUF GRUND
C   DER VERTEILUNG DER ARBEITSPLAETZE
C   NEUE NUTZFLAECHEWERTE
C   FAHRTZEITEN F11
C
1   PEAL PE(23,23),PG(23,23),S(23),Z(23),K(23),KO(23),P(23,23),
    8DPE(23,23),E(23),EG(23),ALPHA(23),FP(23),PF(23,23)
2   INTEGER I,J,N
3   100  FORMAT(I4)
4   101  FORMAT(8F10.3)
5   102  FORMAT(8F10.0)
6   103  FORMAT(12F10.3)
7   108  FORMAT(8F10.4)
10  109  FORMAT(12F10.0)
11  104  FORMAT(25HOGESCHAETZTE PENDLERWERTE)
12  105  FORMAT(29HOATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN)
13  106  FORMAT(25HOBOBACHTETE PENDLERWERTE)
14  107  FORMAT(16HCPENDLERRESTDUEN)
15  150  FORMAT(5HOZONE,I4)
16  151  FORMAT(2X,20HEINWOHNER REAL      ,F10.0)
17  152  FORMAT(2X,20HEINWOHNER GESCHAETZT,F10.0)
20  153  FORMAT(2X,21HABWEICHUNG IN PROZENT,F8.2)
21  154  FORMAT(13HOKONSTANTE KO)
C
22  READ(5,100) N
24  DO 110 I=1,N
25  READ(5,101) (P(I,J),J=1,N)
32  DO 111 J=1,N
33  P(J,I)=P(I,J)
34  111  CONTINUE
36  P(I,I)=0.66*P(I,I)
37  110  CONTINUE
41  DO 112 I=1,N
42  READ(5,102) (PE(I,J),J=1,N)
47  112  CONTINUE
51  READ(5,102) (S(I),I=1,N)
56  READ(5,102) (Z(I),I=1,N)
63  READ(5,102) (E(I),I=1,N)
70  READ(5,101) (ALPHA(I),I=1,N)
75  READ(5,108) (KO(I),I=1,N)
102 READ(5,101) (K(I), I=1,N)
107  PRINT 105
110  WRITE(6,103) (K(I),I=1,N)
115  PRINT 154
116  WRITE(6,103) (KO(I),I=1,N)
123  PRINT 106
124  DO 120 I=1,N
125  WRITE(6,109) (PE(I,J),J=1,N)
132  120  CONTINUE
C
C
134  PRINT 104
135  DO 200 I=1,N

```

Regioplan 2: Fortsetzung

721E2671. REGIOPLAN2

FORTRAN SOURCE LIST MAIN

ISN	SOURCE STATEMENT
136	EG(I)=0.0
137	DO 201 J=1,N
140	PG(I,J)=0.000001*S(I)*Z(J)*EXP(KO(I)-K(I)*P(I,J))
141	DPE(I,J)=PE(I,J)-PG(I,J)
142	EG(I)=EG(I)+PG(I,J)*ALPHA(I)
143	201 CONTINUE
145	WRITE(6,109) (PG(I,J),J=1,N)
152	200 CONTINUE
154	PRINT 107
155	DO 210 I=1,N
156	WRITE(6,109) (DPE(I,J),J=1,N)
163	210 CONTINUE
165	DO 250 I=1,N
166	FP(I)=100.0*ABS(E(I)-EG(I))/E(I)
167	WRITE(6,150) I
170	WRITE(6,151) E(I)
171	WRITE(6,152) EG(I)
172	WRITE(6,153) FP(I)
173	250 CONTINUE
175	STOP
176	END

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

Programm Regioplan 3

721E2671. REGIOPLAN3

FORTRAN SOURCE LIST

```

ISN      SOURCE STATEMENT
0  SIBFTC MAIN
C
C      BERECHNUNG DER VERTEILUNG DER WOHNBEVUELKERUNG AUF GRUND
C      DER VERTEILUNG DER ARBEITSPLAETZE
C      DIESE PROGRAMM RECHNET MIT FIKTIVEN FAHRTZEITEN UND IST FUER
C      DIDAKTISCHE ZWECKE GEEIGNET
C
1      REAL PE(23,23),PG(23,23),S(23),Z(23),K(23),KO(23),P(23,23),
      8DPE(23,23),E(23),EG(23),ALPHA(23),FP(23),PF(23,23)
2      INTEGER I,J,N
3 100   FORMAT(I4)
4 101   FORMAT(8F10.3)
5 102   FORMAT(8F10.0)
6 103   FORMAT(12F10.3)
7 108   FORMAT(8F10.4)
10 109  FORMAT(12F10.0)
11 104  FORMAT(25HOGESCHAETZTE PENDLERWERTE)
12 105  FORMAT(29HOATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN)
13 106  FORMAT(25HOBEOBSACHTETE PENDLERWERTE)
14 107  FORMAT(16HOPENDLERRESIDUEN)
15 150  FORMAT(5HOZONE,I4)
16 151  FORMAT(2X,20HEINWOHNER REAL      ,F10.0)
17 152  FORMAT(2X,20HEINWOHNER GESCHAETZT,F10.0)
20 153  FORMAT(2X,21HABWEICHUNG IN PROZENT,F8.2)
21 154  FORMAT(13HOKONSTANTE KO)
C
22      READ(5,100) N
24      DO 500 I=1,N
25      READ(5,101) (P(I,J),J=1,N)
32 500   CONTINUE
34      DO 112 I=1,N
35      READ(5,102) (PE(I,J),J=1,N)
42 112   CONTINUE
44      READ(5,102) (S(I),I=1,N)
51      READ(5,102) (Z(I),I=1,N)
56      READ(5,102) (E(I),I=1,N)
63      READ(5,101) (ALPHA(I),I=1,N)
70      READ(5,108) (KO(I),I=1,N)
75      READ(5,101) (K(I), I=1,N)
102     PRINT 105
103     WRITE(6,103) (K(I),I=1,N)
110     PRINT 154
111     WRITE(6,103) (KO(I),I=1,N)
116     PRINT 106
117     DO 120 I=1,N
120     WRITE(6,109) (PE(I,J),J=1,N)
125 120  CONTINUE
C
C
127     PRINT 104
130     DO 200 I=1,N
131     FG(I)=0.0
132     DO 201 J=1,N
133     PG(I,J)=0.001*S(I)*Z(J)*EXP(KO(I)-K(I)*P(I,J))

```

Regioplan 3: Fortsetzung

```
721E2671. REGIOPLAN3                                FORTRAN SOURCE LIST MAIN
  ISN      SOURCE STATEMENT
 134      DPE(I,J)=PE(I,J)-PG(I,J)
 135      EG(I)=EG(I)+PG(I,J)*ALPHA(I)
 136 201   CONTINUE
 140      WRITE(6,109) (PG(I,J),J=1,N)
 145 200   CONTINUE
 147      PRINT 107
 150      DO 210 I=1,N
 151      WRITE(6,109) (DPE(I,J),J=1,N)
 156 210   CONTINUE
 160      DO 250 I=1,N
 161      FP(I)=100.0*ABS(E(I)-EG(I))/E(I)
 162      WRITE(6,150) I
 163      WRITE(6,151) E(I)
 164      WRITE(6,152) EG(I)
 165      WRITE(6,153) FP(I)
 166 250   CONTINUE
 170      STOP
 171      END
```

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

11.2. Testgebiet und Ausgangsdaten

Die beiden folgenden Seiten 98 und 99 geben einen Überblick über die Größenordnungen des Testgebietes. Die Abbildung auf Seite 98 vermittelt einen graphischen Eindruck des Testgebietes "Stadt Wien" und läßt vor allem die Inhomogenität der Teilzonen (in Bezug auf ihre flächenmäßige Ausdehnung) deutlich erkennen.

Dies wird noch unterstützt durch die in Tabelle 6 auf Seite 99 wiedergegebenen statistischen Daten über Nutzflächen, Einwohner, Beschäftigte und Erwerbstätige sowie über die reziproken Erwerbsquote.

Sämtliche Daten sowie die Abbildung auf Seite 98 beziehen sich auf das Jahr 1961 und entstammen den Veröffentlichungen des Statistischen Amtes der Stadt Wien über die Ergebnisse der Häuser- und Wohnungszählung sowie der Volkszählung vom 21. März 1961.

TESTGEBIET: Die Stadt WIEN
Zoneneinteilung: 23 Stadtbezirke

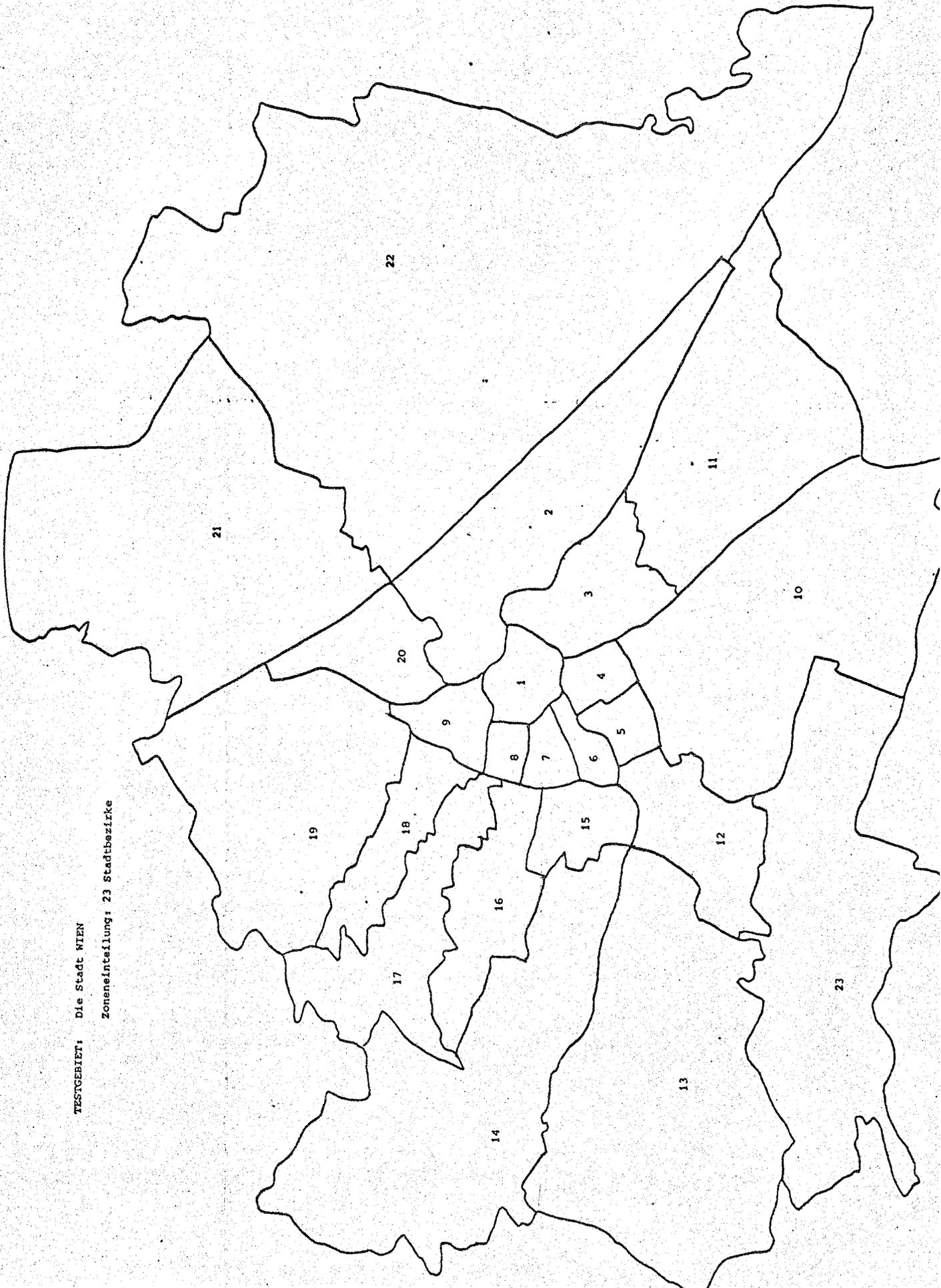


Tabelle 6: Anfangswerte

Bez. Nr.	Nutzflächen (in 1/10 ha)	Einwohner	Beschäftigte	Erwerbstätige	α	Bez. Nr.
1	863	32.243	134.126	16.222	1.98	1
2	1.598	108.144	35.917	54.589	1.98	2
3	1.804	114.795	58.222	55.462	2.06	3
4	795	46.441	28.369	22.326	2.08	4
5	960	69.548	27.938	33.758	2.06	5
6	722	41.216	32.504	20.807	1.98	6
7	759	45.544	41.775	22.794	1.99	7
8	534	36.027	19.421	17.133	2.10	8
9	947	64.929	42.187	32.115	2.02	9
10	4.822	134.761	47.728	66.084	2.03	10
11	2.198	48.367	21.740	23.391	2.06	11
12	2.742	89.854	33.433	43.322	2.07	12
13	4.808	54.191	17.285	23.964	2.26	13
14	4.048	86.656	29.365	39.094	2.21	14
15	1.514	94.100	36.163	45.721	2.05	15
16	2.516	110.809	33.299	54.835	2.02	16
17	2.288	63.252	22.100	31.083	2.03	17
18	2.344	65.109	18.554	29.695	2.19	18
19	6.455	66.171	23.972	31.308	2.11	19
20	1.194	75.671	23.090	37.744	2.0	20
21	7.359	80.708	25.496	37.544	2.14	21
22	9.165	57.268	15.338	26.203	2.18	22
23	6.807	41.762	16.560	19.388	2.15	23
Σ		1.627.566	784.582	784.582		

11.3. Kalibrierungsversuche

Auf den Seiten 100 und 101 ist das Programm "Regiokalib" dokumentiert, das einen der ersten Versuche der Kalibrierung der Version 2 des Modells "Regioplan" darstellt. Die Outputs auf Seite 102 und 103 (die durch das selbe Programm, aber mit verschiedenen Anfangswerten von k erzeugt wurden) weisen jeweils durch den Vektor DC den Fehler bei der Schätzung der Erwerbstätigen (und damit der Einwohner) auf.

```

721E2671. REGIOKALIB                                FORTRAN SOURCE LIST
ISN          SOURCE STATEMENT
0 5IBFTC MAIN
C
C          KALIBRIERUNGSPROGRAMM FUER SIMULTANKALIBRIERUNG
C          PENDLERKALIBRIERUNG PLUS BEVOELKERUNGSKALIBRIERUNG
C
C          VEREINBARUNCEN UND INPUTS
C
1          REAL AREX(50),PD(50),Z(50),SUMAR(50),SUM,S(50),K(50),P(50,50),
8AREN(50,50),MAXD,DAR(50),ER1,KS,E(50),ALPHA(50),C(50),CG(50)
8,DC(50),MAXD1,ER2,MAXD2(100),MAXD3(100)
2          INTEGER I,ZN,ZJ,ZT,N,ZI,YI,ITM,VI
8,ITM1,YJ,ZM
3 101      FORMAT(2I4)
4 110      FORMAT(8F10.1)
5 111      FORMAT(1X,12F10.2)
6 120      FORMAT(8F10.0)
7 121      FORMAT(8F10.2)
10 122     FORMAT(8F10.3)
11 123     FORMAT(14,3F10.3)
12 124     FORMAT(12E10.3)
13 125     FORMAT(1X,12F10.4)
14 129     FORMAT(19HOANFANGSWERTE VON K)
15 136     FORMAT(27HOEXOGENE KOEFFIZIENTEN AREX)
16 137     FORMAT(28HOENDOGENE KOEFFIZIENTEN AREN)
17 138     FORMAT(17HOFEHLERVEKTOR DAR)
20 139     FORMAT(1X,13,2X,11HITERATIONEN)
21 140     FORMAT(21HOFEHLERVARIABLE MAXD2)
22 141     FORMAT(21HOFEHLERVARIABLE MAXD3)
23 150     FORMAT(20HOKALIBRIERTE K-WERTE)
24 151     FORMAT(16HOFEHLERVEKTOR DC)
25 180     FORMAT(8HOMAXIMAL,15,2X,11HITERATIONEN)
26 182     FORMAT(31HOKORREKTURSCHRITTGROESSE KS IST,F10.3)
27 183     FORMAT(32HOFEHLERPROZENTE ER1 BZW ER2 SIND,F5.0,1X,3HBZW,F5.0)
30 184     FORMAT(15HODAS MODELL HAT,15,2X,5HZONEN)
31         READ(5,101) N,ITM
34         WRITE(6,184) N
35         DO 102 I=1,N
36         READ (5,110)(P(I,J),J=1,N)
43         DO 103 J=1,N
44         P(J,I)=P(I,J)
45 103     CONTINUE
47 102     CONTINUE
51         DO 105 I=1,N
52         DO 106 J=1,N
53         P(I,J)=P(I,J)*0.0166
54 106     CONTINUE
56 105     CONTINUE
60         READ (5,120) (S(I),I=1,N)
65         READ (5,120) (PD(I), I=1,N)
72         READ (5,120) (E(I), I=1,N)
77         READ (5,120) (Z(I), I=1,N)
104        READ (5,120) (C(I), I=1,N)
111        READ (5,121) (ALPHA(I), I=1,N)
116        READ(5,122) (K(I), I=1,N)
123        READ(5,123) ITM1,KS,ER1,ER2

```

Fortsetzung des Programms Regiokalib

```

ISN      SOURCE STATEMENT
125      WRITE(6,132) KS
126      WRITE(6,130) ITM
127      WRITE(6,133) ER1,ER2
130      PRINT 129
131      WRITE(6,125) (K(I), I=1,N)
136      DO 201 I=1,N
137      AREX(I)=PC(I)/Z(I)
140 201   CONTINUE
142      ZN=0
143 203   ZN=ZN+1

C
C      PENDLERKALIBRIERUNG
C
144      DO 301 ZJ=1,N
145      SUM=0
146      DO 302 ZT=1,N
147      SUM=SUM+ S(ZT)*EXP(-K(ZT)*P(ZT,ZJ))
150 302   CONTINUE
152      AREN(ZJ,ZJ) = S(ZJ)*EXP(-K(ZJ)*P(ZJ,ZJ))/SUM
153 301   CONTINUE
155 321   MAXD=0
156      DO 401 YI=1,N
157      DAR(YI)=AREX(YI)-AREN(YI,YI)
160      MAXD=AMAX1(MAXD,100.0*ABS(DAR(YI))/AREX(YI))
161 401   CONTINUE
163      IF(ER1-MAXD) 501,701,701
164 501   VI=0
165 602   VI=VI+1
166      IF(ER1-100.0*ABS(DAR(VI))/AREX(VI)) 603,603,608
167 603   K(VI)=K(VI)-SIGN(KS*DAR(VI),DAR(VI))
170 608   IF (N-VI) 701,701,602

C
C      BEVOELKERUNGSKALIBRIERUNG
C
171 701   ZJ=0
172 660   ZJ=ZJ+1
173      SUM=0
174      ZT=0
175 661   ZT=ZT+1
176      SUM=SUM+S(ZT)*EXP(-K(ZT)*P(ZT,ZJ))
177      IF(N-ZT) 662,662,661
200 662   ZI=0
201 663   ZI=ZI+1
202      AREN(ZI,ZJ)=S(ZI)*EXP(-K(ZI)*P(ZI,ZJ))/SUM
203      IF(N-ZI) 664,664,663
204 664   IF(N-ZJ) 702,702,660
205 702   DO 253 ZI=1,N
206      CG(ZI)=0
207      DO 252 ZJ=1,N
210      CG(ZI) = CG(ZI)+AREN(ZI,ZJ)*Z(ZJ)
211 252   CONTINUE
213 253   CCNTINLE
215      MAXD1=0
216      DO 350 I=1,N
217      DC(I)=C(I)-CG(I)

220      MAXD1=AMAX1(MAXD1,100.0*ABS(DC(I))/C(I))
221 350   CONTINUE
223      IF (ER2-MAXD1) 551,555,555
224 551   VI=0
225 552   VI=VI+1
226      IF(ER2-100.0*ABS(DC(VI))/C(VI)) 553,554,554
227 553   K(VI) = K(VI)-SIGN(KS*DC(VI)*0.00001,DC(VI))
230 554   IF(N-VI) 555,555,552
231 555   MAXD2(ZN)=AMAX1(MAXD,MAXD1)
232      IF(ER2-MAXD2(ZN)) 556,801,801
233 556   IF(ITM-ZN) 801,801,203
234 801   PRINT 150
235      WRITE(6,125) (K(I), I=1,N)
242      PRINT 151
243      WRITE(6,111) (DC(I), I=1,N)
250      PRINT 138
251      WRITE(6,125) (DAR(I), I=1,N)
256      PRINT 140
257      WRITE(6,124) (MAXD2(I), I=1,ZN)
264      WRITE(6,139) ZN
265      STOP
266      END

```

NO MESSAGES FOR ABOVE ASSEMBLY

Output

721E2671. REGICKALIU IBLDR -- JOB 000000 05/21/73 PAGE 5

OBJECT PROGRAM IS BEING ENTERED INTO STORAGE.

DAS MODELL HAT 23 ZCNEN

KORREKTURSCHRITTGROESSE KS IST 0.050

MAXIMAL 50 ITERATIONEN

FEHLERPROZENTE ER1 BZW ER2 SIND 20. BZW 20.

ANFANGSWERTE VON K

2.6900	0.1700	0.6400	1.5600	0.7700	1.6600	1.7500	1.3800	1.3000	1.0600	1.1500	1.2400
2.5100	1.7600	0.6000	0.8000	1.4100	1.3000	2.8100	0.1100	2.5600	2.5200	2.5100	

KALIBRIERTE K-WERTE

2.3684	-0.9560	-0.4421	0.7601	-0.2699	0.9191	1.0211	0.5355	0.3791	0.0502	0.2495	0.3135
1.8762	0.9164	-0.3223	-0.2859	0.4717	0.4493	2.0755	-1.0208	1.8101	1.8058	2.0021	

FEHLERVEKTOR CC

8321.30	10944.29	11139.05	9542.16	9674.91	10225.62	11582.48	8247.62	14800.42	-9285.41	-7060.77	-1911.68
-8118.44	-2939.79	9134.47	500.52	-5744.15	-7476.39	-5442.60	5550.42	-17239.84	-19993.76	-24450.60	

FEHLERVEKTOR IAR

0.0632	0.4182	0.3234	0.2378	0.3124	0.2060	0.1908	0.2623	0.2333	0.4258	0.4386	0.3779
0.3702	0.3639	0.3697	0.4461	0.3869	0.4270	0.3501	0.4204	0.5146	0.5153	0.5087	

FEHLERVARIABLE MAXD2

0.169E 03	0.168E 03	0.167E 03	0.165E 03	0.164E 03	0.163E 03	0.162E 03	0.161E 03	0.160E 03	0.159E 03	0.158E 03	0.157E 03
0.156E 03	0.155E 03	0.154E 03	0.153E 03	0.152E 03	0.151E 03	0.150E 03	0.149E 03	0.148E 03	0.147E 03	0.146E 03	0.145E 03
0.145E 03	0.144E 03	0.143E 03	0.142E 03	0.141E 03	0.140E 03	0.140E 03	0.139E 03	0.138E 03	0.137E 03	0.137E 03	0.136E 03
0.135E 03	0.134E 03	0.134E 03	0.133E 03	0.132E 03	0.131E 03	0.131E 03	0.130E 03	0.129E 03	0.129E 03	0.128E 03	0.127E 03
0.127E 03	0.126E 03										

50 ITERATIONEN

Output bei unverändertem Programm Regiokalib, jedoch mit neue Anfangswerten von k

721E2671. REGIOKALIB

OBJECT PROGRAM IS BEING ENTERED INTO STORAGE.

DAS MODELL HAT 23 ZENEN

KORREKTURSCHRITTLANGE KS IST

0.100

MAXIMAL 50 ITERATIONEN

FEHLERPROZENTE ERI BZW ER2 SIND 20. BZW 20.

ANFANGSWERTE VON K
 0.5400 -1.7400 -1.2800 -0.9500 -0.2400 -0.2300 -0.4200 -0.0300 -0.8800 -0.7200 -0.5400
 0.4500 -0.1800 -1.2400 -0.5800 -0.5800 0.5500 -1.5000 0.3400 0.6500 0.6400

KALIBRIERTE K-WERTE
 -0.3357 -4.7563 -3.8628 -3.1608 -1.9541 -1.9754 -2.2832 -2.7922 -2.5480 -2.7285 -2.8321
 -1.0515 -1.7219 -3.4831 -2.5998 -2.4641 -1.0374 -3.9767 -1.5216 -0.7842 -0.9676

FEHLERVEKTOR CC
 12271.10 13720.15 15664.58 14817.41 9185.48 13926.70 16270.93 11004.09 19481.75 -18166.00 -6929.15
 -9617.42 -13047.54 9184.75 -9471.58 -4687.61 -9249.63 -7465.31 6030.24 -16740.42 -33831.80 -21736.12

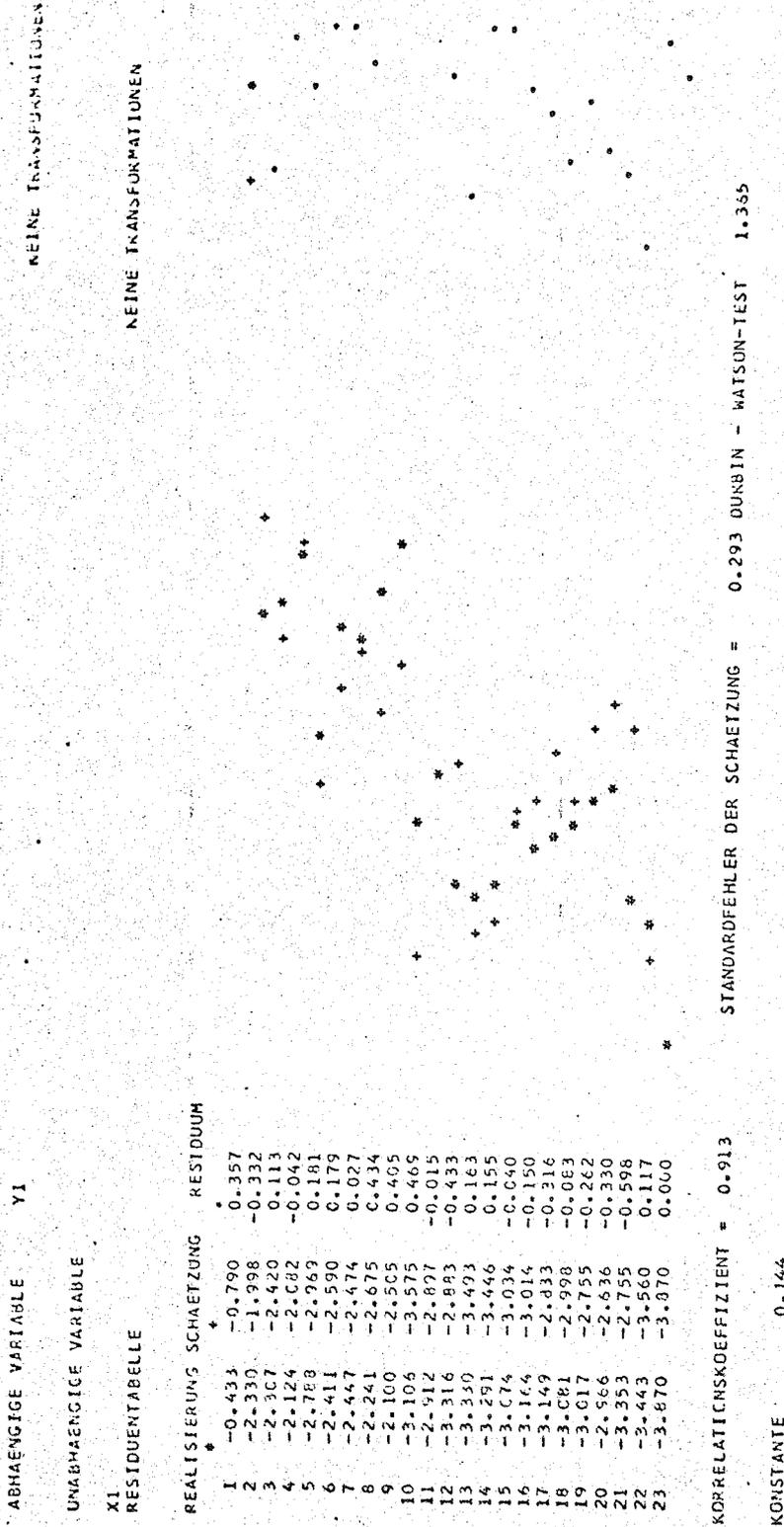
FEHLERVEKTOR CAR
 0.0751 0.4421 0.3557 0.2513 0.2193 0.2058 0.2737 0.2507 0.5151 0.4733 0.4128
 0.4429 0.4441 0.4011 0.4944 0.4312 0.4757 0.4424 0.4419 0.5964 0.6493 0.5950

FEHLERVARIABLE MAXD2
 0.159E 03 0.157E 03 0.156E 03 0.154E 03 0.152E 03 0.151E 03 0.149E 03 0.148E 03 0.145E 03 0.145E 03 0.142E 03
 0.141E 03 0.140E 03 0.138E 03 0.137E 03 0.136E 03 0.135E 03 0.134E 03 0.133E 03 0.132E 03 0.131E 03 0.130E 03 0.129E 03
 0.128E 03 0.127E 03
 0.128E 03 0.128E 03 0.128E 03 0.128E 03 0.128E 03 0.128E 03 0.128E 03 0.128E 03 0.129E 03 0.129E 03 0.129E 03
 0.129E 03 0.129E 03
 50 ITERATIONEN

11.4. Regressionsergebnisse zu Version 3

Aus Platzgründen werden nur die Regressionsergebnisse für die beiden ersten Gleichungen (7.2) von Seite 52 angegeben. Diese Resultate haben exemplarischen Charakter für alle übrigen Regressionen.

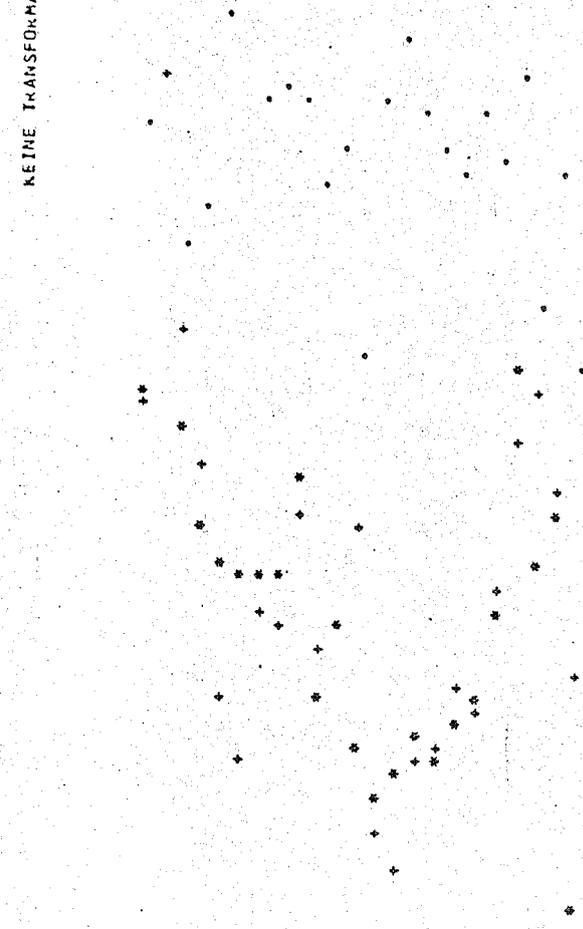
$$Y_1 = KO_1 + k_1 \cdot X_1$$



$$Y_2 = k_0 X_2 - k_2 \cdot X_2$$

ABHÄNGIGE VARIABLE Y2 KEINE TRANSFORMATIONEN

UNABHÄNGIGE VARIABLE X2 KEINE TRANSFORMATIONEN



ABHÄNGIGE VARIABLE Y2

UNABHÄNGIGE VARIABLE X2
RESIDUENTABELLE

REALISIERUNG	SCHÄTZUNG	RESIDUUM
1	-1.089	0.049
2	0.632	0.769
3	-1.215	-0.308
4	-1.511	-0.207
5	-1.626	0.370
6	-1.638	0.542
7	-1.631	0.113
8	-1.654	0.156
9	-1.356	0.101
10	-2.002	-0.122
11	-1.603	-0.018
12	-2.153	-0.664
13	-2.303	0.132
14	-2.227	0.132
15	-2.125	0.284
16	-2.208	0.606
17	-2.097	-0.043
18	-1.556	-0.121
19	-1.741	0.043
20	-1.030	0.216
21	-1.667	-0.523
22	-1.466	-0.090
23	-2.638	-0.705

KORRELATIONSKOEFFIZIENT = 0.847 STANDARDFEHLER DER SCHÄTZUNG = 0.353 DURBIN - WATSON-TEST 1.781

KONSTANTE 0.535

KOEFFIZIENTEN UND STANDARDABWEICHUNGEN X2

3.7 -0.065 (0.009)

11.5. Sensitivitätsanalyse

Variation des Vektors k: 1. Testlauf

\$ENTRY		EXECUTION									
ATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN		0.089	0.069	0.068	0.064	0.060	0.060	0.057	0.085	0.072	
0.089	0.066	0.069	0.058	0.056	0.075	0.065	0.092	0.072	0.093		
0.080	0.085	0.050									
REOACHTETE PENDINGERWERTE											
GESCHAETZTE PENDINGERWERTE											
PENDINGERRESIDUEN											
5365.	-274.	-16.	16.	19.	-49.	69.	155.	87.	-20.	-109.	
6.	10.	-32.	-63.	-22.	-67.	-85.	-116.	2.	-3.		
-83.	10657.	-1856.	367.	600.	121.	93.	125.	-291.	-60.	-986.	
36.	165.	22.	-121.	10.	-106.	280.	-973.	-133.	-322.		
4410.	-1580.	14459.	242.	-279.	-612.	-300.	29.	850.	-115.	-535.	
24.	12.	-276.	400.	37.	-114.	-207.	-778.	-12.	-162.		
1322.	-343.	-648.	5097.	-1120.	-330.	-103.	199.	224.	-88.	-160.	
31.	28.	-111.	-57.	13.	43.	-10.	-99.	31.	-48.		
1280.	-275.	-182.	5312.	-764.	-554.	-174.	152.	850.	6.	-860.	
-2.	141.	167.	-52.	65.	57.	-22.	-242.	17.	-214.		
1396.	97.	-311.	-110.	5554.	-387.	-283.	-115.	113.	-67.	-282.	
12.	-17.	-84.	-87.	3.	35.	-39.	-97.	3.	-44.		
1745.	-54.	-172.	-39.	-59.	6690.	-167.	-130.	22.	-119.	-87.	
1.	-286.	-398.	-228.	-86.	-228.	-18.	-72.	21.	-32.		
1795.	-50.	-219.	-9.	-261.	-459.	4576.	-40.	25.	-80.	46.	
11.	-270.	-427.	-174.	-20.	-31.	-156.	-81.	16.	6.		
2850.	-342.	-185.	62.	-231.	-565.	-80.	7436.	187.	-43.	-100.	
40.	-102.	-261.	-345.	-61.	229.	-432.	-241.	1.	-31.		
1315.	-15074.	-137.	832.	142.	-352.	-128.	330.	15361.	-22.	-2841.	
-179.	54.	-86.	153.	11.	-50.	38.	-736.	-235.	-669.		
-181.	-252.	-1514.	140.	-30.	-568.	-117.	167.	219.	8177.	-262.	
1.	54.	3.	-45.	4.	78.	40.	-90.	-184.	-46.		
-1052.	-1012.	-1012.	-301.	-576.	-77.	152.	242.	-1660.	-225.	9794.	
381.	338.	493.	43.	65.	27.	68.	-524.	-102.	-505.		
2194.	-117.	-39.	-25.	-281.	-411.	-3.	255.	-134.	-20.	-512.	
4733.	179.	34.	-174.	-28.	49.	9.	-120.	29.	-673.		
1878.	-110.	-173.	280.	6.	-1138.	456.	-149.	201.	-85.	121.	
722.	10409.	-1272.	-490.	-299.	-195.	-84.	-144.	18.	-40.		
1282.	-195.	-427.	354.	308.	-555.	-541.	-334.	178.	-80.	378.	
337.	-633.	11003.	-521.	-602.	-219.	-163.	-198.	-9.	-43.		
1232.	-275.	-694.	323.	214.	-1951.	324.	-513.	311.	-191.	-4.	
1133.	-207.	-1026.	260.	-423.	47.	-305.	-186.	33.	54.		
562.	-236.	-193.	91.	-40.	-831.	-277.	-513.	175.	-88.	-3.	
-2.	-320.	-821.	7925.	-54.	102.	-248.	-165.	44.	-45.		
2064.	-264.	131.	32.	32.	-609.	20.	-255.	127.	-20.	-128.	
-3.	-320.	-1171.	1171.	7534.	238.	8.	-189.	8.	-20.	-115.	
1290.	-658.	-452.	100.	200.	-597.	15.	-189.	169.	14.		
17.	-133.	-518.	-345.	89.	7930.	-336.	-368.	14.	-31.		
-638.	95.	-624.	131.	-176.	-80.	-176.	-1546.	329.	62.	-47.	
29.	-11.	-214.	-361.	-264.	329.	7039.	84.	198.	-56.		
-1388.	-2347.	-2107.	78.	-7.	43.	113.	-503.	-148.	-90.	-706.	
-10.	107.	83.	-5.	-60.	51.	523.	11894.	491.	-103.		
-709.	-1537.	-568.	68.	-17.	323.	94.	25.	-208.	-791.	-558.	
-24.	81.	-17.	15.	5.	90.	242.	548.	7836.	-212.		
671.	-526.	-316.	-151.	-164.	26.	80.	20.	-386.	-109.	-1411.	
-100.	145.	53.	-32.	-1.	-23.	-34.	-116.	-26.	8197.		

\$JOB

721E2671. REGIOPLAN1

\$EXEC

WATFOR

\$IBFTC MAIN

RECHNUNG DER BEVELKERUNGSVERTEILUNG AUF GRUND DER
VERTEILUNG DER ARBEITSPLAETZE
SENSITIVITAETSTESTS 1
VARIATION DER K-KOEFFIZIENTEN

Fortsetzung

ZONE 1
EINWOHNER REAL 32243.
EINWOHNER GESCHAETZT 22740.
ABWEICHUNG IN PROZENT 29.44

ZONE 2
EINWOHNER REAL 108144.
EINWOHNER GESCHAETZT 94189.
ABWEICHUNG IN PROZENT 11.00

ZONE 3
EINWOHNER REAL 114795.
EINWOHNER GESCHAETZT 85350.
ABWEICHUNG IN PROZENT 25.65

ZONE 4
EINWOHNER REAL 46441.
EINWOHNER GESCHAETZT 38066.
ABWEICHUNG IN PROZENT 18.03

ZONE 5
EINWOHNER REAL 69548.
EINWOHNER GESCHAETZT 60278.
ABWEICHUNG IN PROZENT 13.33

ZONE 6
EINWOHNER REAL 41216.
EINWOHNER GESCHAETZT 32001.
ABWEICHUNG IN PROZENT 22.36

ZONE 7
EINWOHNER REAL 45544.
EINWOHNER GESCHAETZT 33663.
ABWEICHUNG IN PROZENT 26.09

ZONE 8
EINWOHNER REAL 36027.
EINWOHNER GESCHAETZT 27691.
ABWEICHUNG IN PROZENT 23.14

ZONE 9
EINWOHNER REAL 64929.
EINWOHNER GESCHAETZT 49950.
ABWEICHUNG IN PROZENT 23.07

ZONE 10
EINWOHNER REAL 134761.
EINWOHNER GESCHAETZT 112655.
ABWEICHUNG IN PROZENT 16.40

ZONE 11
EINWOHNER REAL 48367.
EINWOHNER GESCHAETZT 37606.
ABWEICHUNG IN PROZENT 22.25

ZONE 12
EINWOHNER REAL 89854.
EINWOHNER GESCHAETZT 77074.
ABWEICHUNG IN PROZENT 14.22

ZONE 13
EINWOHNER REAL 54191.
EINWOHNER GESCHAETZT 43123.
ABWEICHUNG IN PROZENT 20.42

ZONE 14
EINWOHNER REAL 86656.
EINWOHNER GESCHAETZT 68889.
ABWEICHUNG IN PROZENT 20.50

ZONE 15
EINWOHNER REAL 94100.
EINWOHNER GESCHAETZT 76876.
ABWEICHUNG IN PROZENT 18.30

ZONE 16
EINWOHNER REAL 110809.
EINWOHNER GESCHAETZT 95047.
ABWEICHUNG IN PROZENT 14.22

ZONE 17

EINWOHNER REAL 63252.
EINWOHNER GESCHAETZT 53920.
ABWEICHUNG IN PROZENT 14.75

ZONE 18
EINWOHNER REAL 65109.
EINWOHNER GESCHAETZT 52426.
ABWEICHUNG IN PROZENT 19.48

ZONE 19
EINWOHNER REAL 66171.
EINWOHNER GESCHAETZT 53903.
ABWEICHUNG IN PROZENT 18.54

ZONE 20
EINWOHNER REAL 75671.
EINWOHNER GESCHAETZT 69171.
ABWEICHUNG IN PROZENT 8.59

ZONE 21
EINWOHNER REAL 80708.
EINWOHNER GESCHAETZT 68050.
ABWEICHUNG IN PROZENT 15.68

ZONE 22
EINWOHNER REAL 57268.
EINWOHNER GESCHAETZT 48166.
ABWEICHUNG IN PROZENT 15.89

ZONE 23
EINWOHNER REAL 41762.
EINWOHNER GESCHAETZT 30185.
ABWEICHUNG IN PROZENT 27.72

Variation des Vektors k: 2.Testlauf

\$ENTRY		EXECUTION		0.008		0.068		0.066		0.062		0.058		0.058		0.056		0.053		0.071	
ATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN	0.085	0.065	0.067	0.008	0.068	0.066	0.062	0.066	0.065	0.062	0.062	0.058	0.058	0.056	0.056	0.053	0.053	0.071	0.071	0.071	0.071
0.088	0.053	0.049	0.049	0.055	0.057	0.055	0.074	0.055	0.065	0.074	0.058	0.091	0.091	0.071	0.071	0.090	0.090	0.071	0.071	0.071	0.071
BENRACHTETE PENDELERWERTE																					
CESCHAEFTLICHE PENDELERWERTE																					
PENDELERRESIDUEN:																					
6072.	-331.	-87.	-133.	-83.	-16.	-99.	49.	106.	61.	-39.	106.	49.	106.	61.	-39.	106.	49.	106.	61.	-39.	106.
4.	0.	-61.	-78.	-83.	-37.	-91.	-109.	-141.	-6.	-10.	-141.	-109.	-141.	-6.	-10.	-141.	-109.	-141.	-6.	-10.	-141.
350.	10577.	-1991.	-509.	329.	560.	55.	64.	47.	-361.	-94.	47.	64.	47.	-361.	-94.	47.	64.	47.	-361.	-94.	47.
18.	137.	-22.	-123.	-151.	-14.	-145.	232.	-1029.	-163.	-346.	-1029.	232.	-1029.	-163.	-346.	-1029.	232.	-1029.	-163.	-346.	-1029.
3973.	-1711.	14195.	-630.	169.	-389.	-756.	-688.	-98.	741.	-206.	-98.	-688.	-98.	741.	-206.	-98.	-688.	-98.	741.	-206.	-98.
-11.	-51.	-372.	-488.	-220.	1.	-173.	-272.	-860.	-42.	-201.	-860.	-272.	-860.	-42.	-201.	-860.	-272.	-860.	-42.	-201.	-860.
1224.	-367.	-737.	5064.	328.	-1155.	-360.	-116.	178.	195.	-101.	178.	-116.	178.	195.	-101.	178.	-116.	178.	195.	-101.	178.
24.	17.	-129.	-166.	-66.	7.	35.	-19.	-109.	27.	-56.	-109.	-19.	-109.	27.	-56.	-109.	-19.	-109.	27.	-56.	-109.
11116.	-317.	-258.	25.	5249.	-827.	-621.	-201.	107.	805.	-15.	107.	-201.	107.	805.	-15.	107.	-201.	107.	805.	-15.	107.
-21.	118.	129.	-313.	-83.	52.	38.	-41.	-264.	8.	-233.	-264.	-41.	-264.	8.	-233.	-264.	-41.	-264.	8.	-233.	-264.
1243.	69.	-386.	-621.	-152.	5498.	-457.	-313.	-169.	73.	-88.	-169.	-313.	-169.	73.	-88.	-169.	-313.	-169.	73.	-88.	-169.
-6.	-48.	-131.	-109.	-110.	-13.	17.	-61.	-118.	-5.	-59.	-118.	-61.	-118.	-5.	-59.	-118.	-61.	-118.	-5.	-59.	-118.
1601.	-83.	-238.	-122.	-70.	-105.	6631.	-195.	-183.	-18.	-142.	-183.	-195.	-183.	-18.	-142.	-183.	-195.	-183.	-18.	-142.	-183.
-15.	-294.	-448.	-503.	-256.	-107.	-85.	-37.	-92.	13.	-43.	-92.	-37.	-92.	13.	-43.	-92.	-37.	-92.	13.	-43.	-92.
1672.	-81.	-280.	-139.	-35.	-300.	-511.	4552.	-89.	-5.	-98.	-89.	4552.	-89.	-5.	-98.	-89.	4552.	-89.	-5.	-98.	-89.
-2.	-250.	-469.	-231.	-199.	-37.	-51.	-178.	-99.	9.	-3.	-99.	-178.	-99.	9.	-3.	-99.	-178.	-99.	9.	-3.	-99.
2963.	-416.	-296.	-43.	20.	-299.	-661.	-126.	7330.	138.	-71.	7330.	-126.	7330.	138.	-71.	7330.	-126.	7330.	138.	-71.	7330.
18.	-150.	-331.	-680.	-395.	-106.	178.	-487.	-289.	-16.	-51.	-289.	-487.	-289.	-16.	-51.	-289.	-487.	-289.	-16.	-51.	-289.
094.	-1618.	-300.	-729.	755.	53.	-471.	-174.	289.	15156.	-97.	289.	-174.	289.	15156.	-97.	289.	-174.	289.	15156.	-97.	289.
-218.	-1.	-169.	-225.	2.	-17.	-88.	-4.	-794.	-263.	-522.	-794.	-4.	-794.	-263.	-522.	-794.	-4.	-794.	-263.	-522.	-794.
385.	-309.	-1692.	-402.	110.	-79.	-648.	20.	126.	8098.	-145.	126.	20.	126.	8098.	-145.	126.	20.	126.	8098.	-145.	126.
-10.	32.	-33.	-150.	-64.	-9.	65.	65.	-116.	-208.	-64.	-116.	65.	-116.	-208.	-64.	-116.	65.	-116.	-208.	-64.	-116.
766.	-1111.	-1104.	-329.	-355.	-638.	-143.	132.	194.	-1758.	-254.	194.	132.	194.	-1758.	-254.	194.	132.	194.	-1758.	-254.	194.
355.	-165.	-135.	-290.	-78.	-367.	-519.	-40.	-555.	-115.	-540.	-555.	-40.	-555.	-115.	-540.	-555.	-40.	-555.	-115.	-540.	-555.
1967.	111.	-11.	-87.	-210.	-49.	27.	-13.	-144.	-198.	-40.	-144.	-13.	-144.	-198.	-40.	-144.	-13.	-144.	-198.	-40.	-144.
4624.	33.	-33.	-87.	-210.	-49.	27.	-13.	-144.	-198.	-40.	-144.	-13.	-144.	-198.	-40.	-144.	-13.	-144.	-198.	-40.	-144.
1551.	-208.	-323.	-135.	270.	-94.	-1296.	-523.	-286.	113.	-129.	-286.	-523.	-286.	113.	-129.	-286.	-523.	-286.	113.	-129.	-286.
672.	10294.	-1414.	-1107.	-564.	-352.	-256.	-134.	-189.	-16.	-74.	-189.	-134.	-189.	-16.	-74.	-189.	-134.	-189.	-16.	-74.	-189.
1097.	-240.	-511.	-211.	318.	255.	-629.	-575.	-378.	124.	-106.	-378.	-575.	-378.	124.	-106.	-378.	-575.	-378.	124.	-106.	-378.
314.	-684.	10841.	-992.	-558.	-633.	-253.	-192.	-225.	-20.	-62.	-225.	-192.	-225.	-20.	-62.	-225.	-192.	-225.	-20.	-62.	-225.
1002.	-311.	-799.	-376.	5.	154.	-2054.	-369.	-603.	259.	-222.	-603.	-369.	-603.	259.	-222.	-603.	-369.	-603.	259.	-222.	-603.
89.	-275.	-1113.	11809.	206.	-464.	7.	-344.	-218.	21.	34.	-218.	-344.	-218.	21.	34.	-218.	-344.	-218.	21.	34.	-218.
418.	-321.	-158.	-158.	68.	-75.	-889.	-304.	-570.	149.	-104.	-570.	-304.	-570.	149.	-104.	-570.	-304.	-570.	149.	-104.	-570.
-40.	-355.	-871.	-178.	7892.	-81.	-129.	-273.	-185.	38.	-57.	-185.	-273.	-185.	38.	-57.	-185.	-273.	-185.	38.	-57.	-185.
1920.	-300.	79.	-65.	-404.	0.	-663.	-3.	-315.	100.	-88.	-315.	-3.	-315.	100.	-88.	-315.	-3.	-315.	100.	-88.	-315.
1113.	-352.	-751.	-751.	80.	7506.	210.	-352.	-291.	0.	-29.	-291.	-352.	-291.	0.	-29.	-291.	-352.	-291.	0.	-29.	-291.
707.	-707.	-517.	1.	80.	172.	-655.	-9.	-259.	149.	3.	-259.	-9.	-259.	149.	3.	-259.	-9.	-259.	149.	3.	-259.
-211.	-211.	-501.	-354.	-375.	64.	7873.	-369.	-395.	7.	-40.	-395.	-369.	-395.	7.	-40.	-395.	-369.	-395.	7.	-40.	-395.
-638.	95.	-624.	-243.	131.	-176.	-80.	-405.	-1546.	329.	62.	-1546.	-405.	-1546.	329.	62.	-1546.	-405.	-1546.	329.	62.	-1546.
29.	-13.	-214.	-469.	-361.	-264.	329.	7039.	84.	198.	-56.	84.	7039.	84.	198.	-56.	84.	7039.	84.	198.	-56.	84.
-1606.	-2450.	-2226.	-253.	56.	-42.	-2.	94.	-577.	-185.	-110.	-577.	94.	-577.	-185.	-110.	-577.	94.	-577.	-185.	-110.	-577.
-20.	93.	59.	-23.	-23.	-77.	21.	477.	11805.	475.	-114.	11805.	477.	11805.	475.	-114.	11805.	477.	11805.	475.	-114.	11805.
-894.	-1633.	-654.	-363.	46.	-50.	57.	-369.	-20.	329.	-47.	-20.	-369.	-20.	329.	-47.	-20.	-369.	-20.	329.	-47.	-20.
-33.	67.	-39.	-24.	3.	-6.	71.	215.	507.	7783.	-227.	507.	215.	507.	7783.	-227.	507.	215.	507.	7783.	-227.	507.
514.	-610.	-567.	-395.	-215.	-217.	-44.	59.	-35.	523.	-147.	-35.	59.	-35.	523.	-147.	-35.	59.	-35.	523.	-147.	-35.
-170.	112.	-0.	-36.	-56.	-14.	-46.	-56.	-146.	-40.	8080.	-146.	-56.	-146.	-40.	8080.	-146.	-56.	-146.	-40.	8080.	-146.

\$IBSYS
\$JOB 721E2671. REGIOPLAN1

\$EXEC WATFOR
\$IDFIC MAIN

BERECHNUNG DER BEVOELKERUNGSVERTEILUNG AUF GRUND DER
VERTEILUNG DER ARBEITSPLATZTE
SENSITIVITAETSTESTS 1
VARIATION DER K-KOEFFIZIENTEN 2

Fortsetzung

ZONE 1			
EINWOHNER REAL	32243.		
EINWOHNER GESCHAETZT	24573.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	23.79		
ZONE 2			
EINWOHNER REAL	108144.		
EINWOHNER GESCHAETZT	96888.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	10.41		
ZONE 3			
EINWOHNER REAL	114795.		
EINWOHNER GESCHAETZT	90375.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	21.27		
ZONE 4			
EINWOHNER REAL	46441.		
EINWOHNER GESCHAETZT	39082.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.85		
ZONE 5			
EINWOHNER REAL	69548.		
EINWOHNER GESCHAETZT	62261.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	10.48		
ZONE 6			
EINWOHNER REAL	41216.		
EINWOHNER GESCHAETZT	33815.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	17.96		
ZONE 7			
EINWOHNER REAL	45544.		
EINWOHNER GESCHAETZT	35411.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	22.25		
ZONE 8			
EINWOHNER REAL	36027.		
EINWOHNER GESCHAETZT	29262.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.78		
ZONE 9			
EINWOHNER REAL	64929.		
EINWOHNER GESCHAETZT	52954.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.44		
ZONE 10			
EINWOHNER REAL	134761.		
EINWOHNER GESCHAETZT	116814.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	13.32		
ZONE 11			
EINWOHNER REAL	48367.		
EINWOHNER GESCHAETZT	40044.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	17.21		
ZONE 12			
EINWOHNER REAL	69854.		
EINWOHNER GESCHAETZT	79446.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	11.58		
ZONE 13			
EINWOHNER REAL	54191.		
EINWOHNER GESCHAETZT	46352.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.46		
ZONE 14			
EINWOHNER REAL	86656.		
EINWOHNER GESCHAETZT	73584.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.08		
ZONE 15			
EINWOHNER REAL	94100.		
EINWOHNER GESCHAETZT	79203.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.83		
ZONE 16			
EINWOHNER REAL	110509.		
EINWOHNER GESCHAETZT	97023.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	11.63		
ZONE 17			
EINWOHNER REAL	63252.		
EINWOHNER GESCHAETZT	55613.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.68		
ZONE 18			
EINWOHNER REAL	65109.		
EINWOHNER GESCHAETZT	54216.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	16.73		
ZONE 19			
EINWOHNER REAL	66171.		
EINWOHNER GESCHAETZT	55773.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.71		
ZONE 20			
EINWOHNER REAL	75671.		
EINWOHNER GESCHAETZT	69171.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	8.59		
ZONE 21			
EINWOHNER REAL	80708.		
EINWOHNER GESCHAETZT	70348.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.84		
ZONE 22			
EINWOHNER REAL	57268.		
EINWOHNER GESCHAETZT	50206.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.33		
ZONE 23			
EINWOHNER REAL	41762.		
EINWOHNER GESCHAETZT	33438.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	19.93		

Fortsetzung

ZONE 1			
EINWOHNER REAL	32243.		
EINWOHNER GESCHAETZT	25878.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	19.74		
ZONE 2			
EINWOHNER REAL	108144.		
EINWOHNER GESCHAETZT	96888.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	10.41		
ZONE 3			
EINWOHNER REAL	114755.		
EINWOHNER GESCHAETZT	95716.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	16.62		
ZONE 4			
EINWOHNER REAL	46441.		
EINWOHNER GESCHAETZT	39082.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.85		
ZONE 5			
EINWOHNER REAL	69548.		
EINWOHNER GESCHAETZT	62261.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	10.48		
ZONE 6			
EINWOHNER REAL	41216.		
EINWOHNER GESCHAETZT	33815.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	17.96		
ZONE 7			
EINWOHNER REAL	45544.		
EINWOHNER GESCHAETZT	37259.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.19		
ZONE 8			
EINWOHNER REAL	36027.		
EINWOHNER GESCHAETZT	29262.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.78		
ZONE 9			
EINWOHNER REAL	64929.		
EINWOHNER GESCHAETZT	52954.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.44		
ZONE 10			
EINWOHNER REAL	134761.		
EINWOHNER GESCHAETZT	116814.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	13.32		
ZONE 11			
EINWOHNER REAL	48367.		
EINWOHNER GESCHAETZT	40044.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	17.21		
ZONE 12			
EINWOHNER REAL	89854.		
EINWOHNER GESCHAETZT	79446.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	11.58		
ZONE 13			
EINWOHNER REAL	54191.		
EINWOHNER GESCHAETZT	46352.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.46		
ZONE 14			
EINWOHNER REAL	86656.		
EINWOHNER GESCHAETZT	73584.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.08		
ZONE 15			
EINWOHNER REAL	94100.		
EINWOHNER GESCHAETZT	79203.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.83		
ZONE 16			
EINWOHNER REAL	110805.		
EINWOHNER GESCHAETZT	97923.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	11.63		
ZONE 17			
EINWOHNER REAL	63252.		
EINWOHNER GESCHAETZT	55613.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.08		
ZONE 18			
EINWOHNER REAL	65109.		
EINWOHNER GESCHAETZT	54216.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	16.73		
ZONE 19			
EINWOHNER REAL	66171.		
EINWOHNER GESCHAETZT	55773.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.71		
ZONE 20			
EINWOHNER REAL	75671.		
EINWOHNER GESCHAETZT	69171.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	8.59		
ZONE 21			
EINWOHNER REAL	80708.		
EINWOHNER GESCHAETZT	70348.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.84		
ZONE 22			
EINWOHNER REAL	57268.		
EINWOHNER GESCHAETZT	50206.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.33		
ZONE 23			
EINWOHNER REAL	41762.		
EINWOHNER GESCHAETZT	33438.		
ABWEICHUNG IN PROZENT	19.93		

Fortsetzung

ZONE 1	
EINWOHNER REAL	32243.
EINWOHNER GESCHAETZT	25143.
ABWEICHUNG IN PROZENT	22.02

ZONE 2	
EINWOHNER REAL	108144.
EINWOHNER GESCHAETZT	104099.
ABWEICHUNG IN PROZENT	3.74

ZONE 3	
EINWOHNER REAL	114795.
EINWOHNER GESCHAETZT	94326.
ABWEICHUNG IN PROZENT	17.83

ZONE 4	
EINWOHNER REAL	46441.
EINWOHNER GESCHAETZT	42069.
ABWEICHUNG IN PROZENT	9.41

ZONE 5	
EINWOHNER REAL	69548.
EINWOHNER GESCHAETZT	66617.
ABWEICHUNG IN PROZENT	4.21

ZONE 6	
EINWOHNER REAL	41216.
EINWOHNER GESCHAETZT	35367.
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.19

ZONE 7	
EINWOHNER REAL	45944.
EINWOHNER GESCHAETZT	37203.
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.31

ZONE 8	
EINWOHNER REAL	36027.
EINWOHNER GESCHAETZT	30603.
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.66

ZONE 9	
EINWOHNER REAL	64929.
EINWOHNER GESCHAETZT	55204.
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.98

ZONE 10	
EINWOHNER REAL	134761.
EINWOHNER GESCHAETZT	124504.
ABWEICHUNG IN PROZENT	7.61

ZONE 11	
EINWOHNER REAL	48367.
EINWOHNER GESCHAETZT	41561.
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.07

ZONE 12	
EINWOHNER REAL	89854.
EINWOHNER GESCHAETZT	85180.
ABWEICHUNG IN PROZENT	5.20

ZONE 13	
EINWOHNER REAL	54191.
EINWOHNER GESCHAETZT	47659.
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.05

ZONE 14	
EINWOHNER REAL	66656.
EINWOHNER GESCHAETZT	76134.
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.14

ZONE 15	
EINWOHNER REAL	94100.
EINWOHNER GESCHAETZT	84961.
ABWEICHUNG IN PROZENT	9.71

ZONE 16	
EINWOHNER REAL	116909.
EINWOHNER GESCHAETZT	105044.
ABWEICHUNG IN PROZENT	5.20

ZONE 17	
EINWOHNER REAL	63252.
EINWOHNER GESCHAETZT	59590.
ABWEICHUNG IN PROZENT	5.79

ZONE 18	
EINWOHNER REAL	65109.
EINWOHNER GESCHAETZT	57940.
ABWEICHUNG IN PROZENT	11.01

ZONE 19	
EINWOHNER REAL	66171.
EINWOHNER GESCHAETZT	59572.
ABWEICHUNG IN PROZENT	9.97

ZONE 20	
EINWOHNER REAL	75671.
EINWOHNER GESCHAETZT	76445.
ABWEICHUNG IN PROZENT	1.02

ZONE 21	
EINWOHNER REAL	80708.
EINWOHNER GESCHAETZT	75207.
ABWEICHUNG IN PROZENT	6.82

ZONE 22	
EINWOHNER REAL	57268.
EINWOHNER GESCHAETZT	53231.
ABWEICHUNG IN PROZENT	7.05

ZONE 23	
EINWOHNER REAL	41762.
EINWOHNER GESCHAETZT	33360.
ABWEICHUNG IN PROZENT	20.12

Variation des Vektors KO: 2. Testlauf

\$IBSYS
\$JOB 721E2671. REGIOPLANI

\$EXEC WATFOR

\$IBFTC MAIN

CCCCC

BERECHNUNG DER BEVUELKERUNGSVERTEILUNG AUF GRUND DER
VERTEILUNG DER ARBEITSPLAETZE
SENSITIVITAETSTESTS 2
VARIATION DER KONSTANTEN KO 2

SENTRY		EXECUTION									
ATTRAKTIVITAETSKOEFFIZIENTEN		0.089	0.069	0.068	0.064	0.060	0.060	0.060	0.057	0.085	0.072
0.090	0.055	0.056	0.058	0.056	0.075	0.065	0.092	0.072	0.093		
KONSTANTE KU		-C.922	-0.750	-1.445	-1.733	-1.583	-1.447	-1.616	-1.210	-1.527	
-1.375	-1.063	-1.702	-2.139	-2.189	-2.252	-0.630	-1.613	-2.285	-1.989		
-1.551	-2.438	-1.728									
BEOBACHTETE PENDELERWERTE											
GESCHAEFTLICHE PENDELERWERTE											
PENDELERRESIDUEN											
4481.	-389.	-173.	-17.	-37.	-130.	39.	76.	58.	-47.	-151.	
-5.	-71.	-87.	-92.	-43.	-102.	-123.	-153.	-7.	-10.		
-1243.	10066.	-660.	205.	502.	-75.	8.	-139.	-486.	-188.	-1189.	
-4.	102.	-184.	-202.	-53.	-224.	99.	-1206.	-237.	-386.		
3683.	-1912.	-762.	140.	-470.	-865.	-420.	-167.	711.	-326.	-704.	
-18.	-65.	-525.	-235.	-5.	-192.	-303.	-913.	-48.	-214.		
940.	-432.	4864.	286.	-1324.	-447.	-151.	135.	123.	-133.	-229.	
11.	-0.	-193.	-82.	-3.	20.	-36.	-126.	22.	-71.		
824.	-345.	-92.	4869.	-1042.	-785.	-258.	40.	726.	-46.	-1103.	
-50.	90.	-372.	-112.	40.	15.	-66.	-292.	1.	-266.		
1156.	62.	-712.	-201.	5371.	-579.	-352.	-207.	63.	-96.	-373.	
-14.	-62.	-125.	-120.	-17.	14.	-69.	-122.	-5.	-64.		
1510.	-289.	-153.	-91.	-187.	6466.	-259.	-235.	-29.	-155.	-144.	
-22.	-335.	-602.	-285.	-121.	-98.	-44.	-97.	14.	-45.		
1610.	-94.	-163.	-68.	-350.	-630.	4491.	-150.	-9.	-105.	15.	
-5.	-273.	-271.	-225.	-46.	-60.	-191.	-102.	10.	-3.		
2421.	-465.	-70.	-348.	-348.	-755.	-183.	7073.	138.	-75.	-166.	
15.	-164.	-532.	-442.	-151.	140.	-553.	-314.	16.	-53.		
572.	-1812.	-985.	637.	-84.	-665.	-234.	166.	14304.	-261.	-3420.	
-270.	-50.	-287.	-29.	-41.	-120.	-44.	-867.	-291.	-628.		
-466.	-334.	-443.	104.	-95.	-695.	-156.	120.	78.	7934.	-338.	
-10.	32.	-155.	-66.	-10.	18.	18.	-120.	-218.	-67.		
419.	-1248.	-443.	-516.	-820.	-295.	99.	118.	-2076.	-310.	9294.	
300.	243.	-221.	-8.	27.	-21.	20.	-609.	-130.	-661.		
1954.	-170.	-315.	-92.	-405.	-565.	-49.	187.	-205.	-39.	-665.	
4390.	86.	-94.	-218.	-50.	27.	-13.	-144.	20.	-562.		
1495.	-216.	-159.	215.	-140.	-1469.	-574.	-302.	115.	-131.	-2.	
654.	10097.	-1230.	-611.	-371.	-269.	-137.	-186.	-12.	-75.		
778.	-307.	-300.	284.	116.	-949.	-235.	-530.	56.	-87.	221.	
290.	942.	-1204.	-663.	-722.	-314.	-686.	-256.	-28.	-87.		
602.	-413.	-495.	-68.	35.	-2504.	-512.	-630.	207.	-267.	-150.	
56.	-480.	11356.	-21.	-576.	-51.	-409.	-255.	12.	14.		
144.	-381.	-210.	35.	-346.	-1070.	-389.	-738.	127.	-125.	-71.	
1670.	-358.	-385.	7725.	-186.	-185.	-321.	-210.	34.	-69.		
-31.	-407.	-875.	-532.	7374.	-796.	-51.	-510.	78.	-106.	-194.	
-805.	764.	-50.	53.	134.	151.	-407.	-323.	131.	-38.		
-3.	-252.	-412.	-437.	12.	7590.	-54.	-437.	131.	-8.	-176.	
-1331.	-181.	-358.	-602.	-304.	-240.	-515.	-1960.	1.	-49.		
0.	-77.	-591.	-423.	-354.	198.	6692.	-65.	250.	13.	-131.	
-2039.	-30.	-2779.	-2505.	-93.	198.	65.	-731.	167.	-83.	-828.	
-1138.	80.	-30.	-45.	-101.	-30.	371.	11438.	449.	-127.		
-40.	59.	-39.	-6.	-84.	21.	44.	-68.	-297.	-921.	-653.	
446.	-632.	-674.	-267.	-295.	-83.	51.	444.	7575.	-243.		
-247.	98.	-49.	-66.	-16.	-53.	-64.	-159.	-661.	-172.	-1967.	
								-44.	7709.		

Fortsetzung

ZONE 1	
EINWOHNER REAL	22243.
EINWOHNER GESCHAETZT	26432.
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.02

ZONE 2	
EINWOHNER REAL	108144.
EINWOHNER GESCHAETZT	104095.
ABWEICHUNG IN PROZENT	3.74

ZONE 3	
EINWOHNER REAL	114795.
EINWOHNER GESCHAETZT	94326.
ABWEICHUNG IN PROZENT	17.83

ZONE 4	
EINWOHNER REAL	46441.
EINWOHNER GESCHAETZT	42069.
ABWEICHUNG IN PROZENT	9.41

ZONE 5	
EINWOHNER REAL	69548.
EINWOHNER GESCHAETZT	66617.
ABWEICHUNG IN PROZENT	4.21

ZONE 6	
EINWOHNER REAL	41216.
EINWOHNER GESCHAETZT	35367.
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.19

ZONE 7	
EINWOHNER REAL	45544.
EINWOHNER GESCHAETZT	37203.
ABWEICHUNG IN PROZENT	18.31

ZONE 8	
EINWOHNER REAL	36027.
EINWOHNER GESCHAETZT	30603.
ABWEICHUNG IN PROZENT	15.06

ZONE 9	
EINWOHNER REAL	64929.
EINWOHNER GESCHAETZT	55204.
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.98

ZONE 10	
EINWOHNER REAL	134761.
EINWOHNER GESCHAETZT	124504.
ABWEICHUNG IN PROZENT	7.61

ZONE 11	
EINWOHNER REAL	48367.
EINWOHNER GESCHAETZT	41561.
ABWEICHUNG IN PROZENT	14.07

ZONE 12	
EINWOHNER REAL	89854.
EINWOHNER GESCHAETZT	85180.
ABWEICHUNG IN PROZENT	5.20

ZONE 13	
EINWOHNER REAL	54191.
EINWOHNER GESCHAETZT	47659.
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.05

ZONE 14	
EINWOHNER REAL	86656.
EINWOHNER GESCHAETZT	76134.
ABWEICHUNG IN PROZENT	12.14

ZONE 15	
EINWOHNER REAL	54100.
EINWOHNER GESCHAETZT	84961.
ABWEICHUNG IN PROZENT	9.71

ZONE 16	
EINWOHNER REAL	110809.
EINWOHNER GESCHAETZT	105044.
ABWEICHUNG IN PROZENT	5.20

ZONE 17	
EINWOHNER REAL	63252.
EINWOHNER GESCHAETZT	59590.
ABWEICHUNG IN PROZENT	5.79

ZONE 18	
EINWOHNER REAL	65109.
EINWOHNER GESCHAETZT	57940.
ABWEICHUNG IN PROZENT	11.01

ZONE 19	
EINWOHNER REAL	66171.
EINWOHNER GESCHAETZT	59572.
ABWEICHUNG IN PROZENT	9.97

ZONE 20	
EINWOHNER REAL	75671.
EINWOHNER GESCHAETZT	76445.
ABWEICHUNG IN PROZENT	1.02

ZONE 21	
EINWOHNER REAL	80708.
EINWOHNER GESCHAETZT	75207.
ABWEICHUNG IN PROZENT	6.82

ZONE 22	
EINWOHNER REAL	57268.
EINWOHNER GESCHAETZT	53231.
ABWEICHUNG IN PROZENT	7.05

ZONE 23	
EINWOHNER REAL	41762.
EINWOHNER GESCHAETZT	36869.
ABWEICHUNG IN PROZENT	11.72

11.6. Matrix der fiktiven Fahrtzeiten des didaktischen Modells

Tabelle 7

9.936	32.786	32.519	30.310	38.306	33.764	34.198	31.779
30.017	42.138	39.809	44.671	44.837	44.368	41.758	42.877
42.654	41.839	41.069	40.453	45.113	46.203	51.340	
28.848	2.379	30.779	35.381	37.126	37.302	37.193	37.577
32.965	42.904	39.838	45.234	47.532	46.364	44.800	46.099
44.369	42.819	38.891	27.956	36.832	34.667	52.694	
26.478	34.641	3.597	30.662	36.749	35.409	36.879	36.877
36.245	35.794	26.045	41.283	45.714	44.956	43.621	45.9
47.658	46.226	44.631	42.018	48.664	47.273	48.323	
24.528	35.540	29.959	2.466	25.723	28.846	32.208	32.5
32.193	29.036	34.510	35.092	36.545	39.337	37.907	40.3
41.784	40.586	38.379	39.093	45.045	42.178	39.500	
35.423	45.295	39.824	36.777	4.574	36.661	36.280	39.455
40.964	34.739	43.990	34.855	42.400	45.293	40.782	46.955
47.491	49.259	47.112	48.428	57.670	55.667	48.591	
33.980	46.503	42.411	34.444	34.122	2.058	30.402	39.1
40.216	46.033	49.937	40.900	42.950	43.990	39.058	46.0
48.789	48.755	49.756	48.420	57.850	59.056	51.312	
37.641	53.104	47.627	45.024	47.332	34.620	4.911	34.077
43.669	54.877	55.328	50.397	51.656	46.815	40.930	44.377
49.635	50.916	52.521	55.529	63.727	65.395	65.013	
41.440	58.087	52.620	51.837	54.092	48.286	40.588	1.00
43.304	63.717	64.215	58.133	59.282	58.725	56.106	49.577
52.215	54.869	57.825	62.185	70.979	71.795	68.593	
30.520	44.409	43.003	41.659	47.120	41.521	39.974	32.344
2.778	53.478	55.030	50.756	50.452	50.179	47.174	44.8
42.224	33.677	33.005	39.126	48.844	57.781	57.585	
43.990	52.524	42.768	35.070	26.294	41.831	43.841	46.822
49.942	5.724	34.971	39.627	52.139	53.135	49.201	56.777
56.844	58.858	60.112	54.225	64.357	65.084	42.755	
40.473	43.512	31.096	38.881	41.415	40.903	43.040	44.977
43.702	33.801	1.386	44.215	54.559	49.097	46.632	50.8
52.437	51.917	50.450	47.570	51.378	48.679	48.500	
35.617	44.591	39.551	35.071	30.183	32.283	33.922	38.8
38.388	33.868	42.003	2.855	29.265	35.682	31.495	43.099
43.620	44.286	45.952	44.531	54.573	54.710	30.922	
37.928	50.608	44.977	41.939	42.784	40.080	41.183	42.5
43.043	50.032	54.531	39.891	8.010	37.015	42.012	47.055
50.431	52.074	50.636	52.413	60.551	59.582	42.467	
48.742	63.809	56.695	53.551	53.577	48.042	45.874	52.1
54.182	61.149	66.101	49.837	36.428	3.406	37.285	48.8
54.960	61.686	61.252	63.771	75.456	78.726	65.018	
50.823	63.623	57.971	54.179	51.869	43.217	40.092	51.8
55.285	60.624	63.991	46.453	48.347	39.590	5.761	49.099
54.576	59.791	60.144	64.945	75.049	78.593	64.788	
44.170	55.494	50.727	48.327	48.657	42.468	37.168	38.0
42.467	56.515	58.553	49.039	50.568	36.745	37.759	3.366
27.797	43.520	48.125	54.939	63.864	66.725	57.610	
52.125	64.044	60.588	59.153	59.495	54.822	51.725	49.077
49.802	68.610	69.837	61.845	62.540	55.860	57.108	39.599
6.927	46.758	54.986	62.316	72.897	74.135	71.852	
47.330	63.935	59.331	58.758	62.473	57.286	55.330	50.744
44.208	76.153	71.220	66.587	66.345	64.048	63.457	55.6
43.910	3.290	46.881	61.685	74.408	76.707	75.536	
33.378	44.543	44.282	40.196	45.992	41.572	40.750	37.4
32.112	52.816	54.035	49.625	51.626	47.872	46.842	47.077
42.259	34.060	2.353	39.522	50.487	55.882	55.867	
37.871	22.656	41.644	44.043	45.626	42.950	41.824	42.477
34.109	48.327	47.352	48.492	52.112	50.038	48.335	49.444
46.168	42.922	31.826	2.392	33.545	42.773	57.894	
38.926	35.475	41.360	42.096	45.104	42.879	41.956	41.1
37.833	42.665	47.336	49.798	52.494	50.762	47.940	48.255
47.100	46.679	39.465	29.398	7.296	33.605	56.388	
49.004	40.243	49.449	52.394	54.893	53.035	52.937	54.3
51.012	58.037	51.985	61.710	66.400	62.123	62.407	
62.335	61.538	54.015	44.533	36.644	2.671	72.019	61.655
46.180	56.604	47.672	44.668	45.560	45.632	46.546	47.966
49.561	42.276	50.963	35.519	36.676	46.664	47.026	54.066
55.252	59.414	57.986	58.264	61.066	51.066		