

Untersuchungen über das Wachstum der Schweizer Städte

Von Tobias Studer, Basel

1. Einleitung

Städte und Ortschaften einer Region gehorchen dem Zipfschen Gesetz, welches besagt, dass zwischen Bevölkerung P und Rang r eine Beziehung der Form

$$\log P_r = \log P_1 - c \log r$$

besteht [1]. Dabei bedeuten

P_r : Bevölkerung der Stadt vom Range r ,

P_1 : Bevölkerung der Stadt vom Range 1,

r : Rang einer Stadt innerhalb der Region,

c : für das Alter bzw. den Entwicklungsgrad der Region charakteristische Konstante.

Anhand der Bevölkerungszahlen der Schweiz wurde das Zipfsche Gesetz überprüft, und es konnte eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit der Theorie gefunden werden. Gehorcht jedoch die Bevölkerungsverteilung innerhalb der Schweiz einer Gesetzmässigkeit, so muss zwangsläufig auch der Wachstumsmechanismus, der zu dieser Verteilung geführt hat, einer Gesetzmässigkeit unterworfen sein. Diesen Mechanismus zu finden, war das Ziel der vorliegenden Arbeit.

2. Überprüfung des Zipfschen Gesetzes

Zur Überprüfung des Zipfschen Gesetzes wurden die beiden Stichjahre 1845 und 1970 ausgewählt. Das Jahr 1845 schien deshalb geeignet, weil es die Bevölkerungsverteilung am Vorabend der Gründung des Bundesstaates widerspiegelt. Anno 1847 änderte sich bekanntlich die Niederlassungsgesetzgebung und damit die Freizügigkeit innerhalb der Schweiz grundlegend. Die beiden Stichjahre grenzen damit einen geschichtlich einheitlichen Zeitraum mit homogenen Wachstumsbedingungen ab.

Für das Jahr 1845 wurden die 50 grössten Städte und Ortschaften der Schweiz nach Leuthy [2] ermittelt. Sie sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1: Die grössten Ortschaften der Schweiz etwa 1845, nach Leuthy [2]

1 Genf.....	29 960	26 Winterthur	4 612
2 Bern	22 422	27 Steffisburg	4 595
3 Basel	22 204	28 Wattwil	4 541
4 Lausanne.....	15 000	29 Lugano	4 500
5 Zürich	14 243	30 Uster	4 496
6 St. Gallen.....	10 333	31 Malters	4 455
7 Fribourg	9 120	32 Carouge.....	4 367
8 La Chaux-de-Fonds	8 481	33 Glarus	4 320
9 Luzern	8 339	34 Biel	4 248
10 Herisau	7 158	35 Meiringen	4 165
11 Le Locle	6 810	36 Aarau	4 057
12 Neuenburg	6 348	37 Thurnen	3 945
13 Brig	6 235	38 Wald	3 895
14 Schaffhausen	6 083	39 Teufen	3 869
15 Herzogenbuchsee	6 008	40 Horgen	3 867
16 Chur	5 489	41 Stäfa	3 508
17 Köniz.....	5 488	42 Yverdon	3 461
18 Neumünster	5 429	43 Bauma	3 217
19 Wädenswil	5 094	44 Zofingen	3 172
20 Langnau	5 081	45 Langenthal	3 130
21 Thun	4 955	46 Gossau	3 118
22 Münsingen	4 928	47 Brienz	3 102
23 Schwyz	4 878	48 Saanen	3 100
24 Vevey	4 722	49 Pfäffikon	3 100
25 Solothurn	4 647	50 Huttwil	3 092

Der Begriff der über die politischen Grenzen einer Ortschaft hinausreichenden Agglomeration war damals, mit Ausnahme allenfalls von Zürich, noch nicht aktuell. Er spielt jedoch für die heutige Zeit eine dominierende Rolle. Gesetzmässigkeiten über Bevölkerungsverteilung bzw. Bevölkerungswachstum sind heute nur noch auf Agglomerationen, nicht mehr aber auf durch zufällige politische Grenzen definierte Gemeinden anwendbar. Für das Jahr 1970 wurde deshalb die offizielle schweizerische Agglomerationenstatistik [3] herangezogen, auf deren Problematik hier nicht weiter eingegangen werden soll. Soweit nötig wurde sie durch einzelne Ortschaften ergänzt, so dass eine gemischte Liste der 50 grössten Agglomerationen und Ortschaften entstand. Im folgenden wird der Einfachheit halber jedoch nur noch der Begriff Agglomeration verwendet.

Die Korrelation von Rang und Bevölkerung ergab folgedes Resultate:

$$1845 \quad \log P_r = 4,500 - 0,594 \log r \quad (r^2 = 0,977),$$

$$1970 \quad \log P_r = 5,983 - 1,126 \log r \quad (r^2 = 0,984).$$

Figur 1 zeigt die gegenseitige Lage der beiden Regressionsgeraden. Die Verschiebung nach oben spiegelt das Wachstum zwischen 1845 und 1970 wider, die Änderung des Neigungswinkels die zunehmende Disproportionierung.

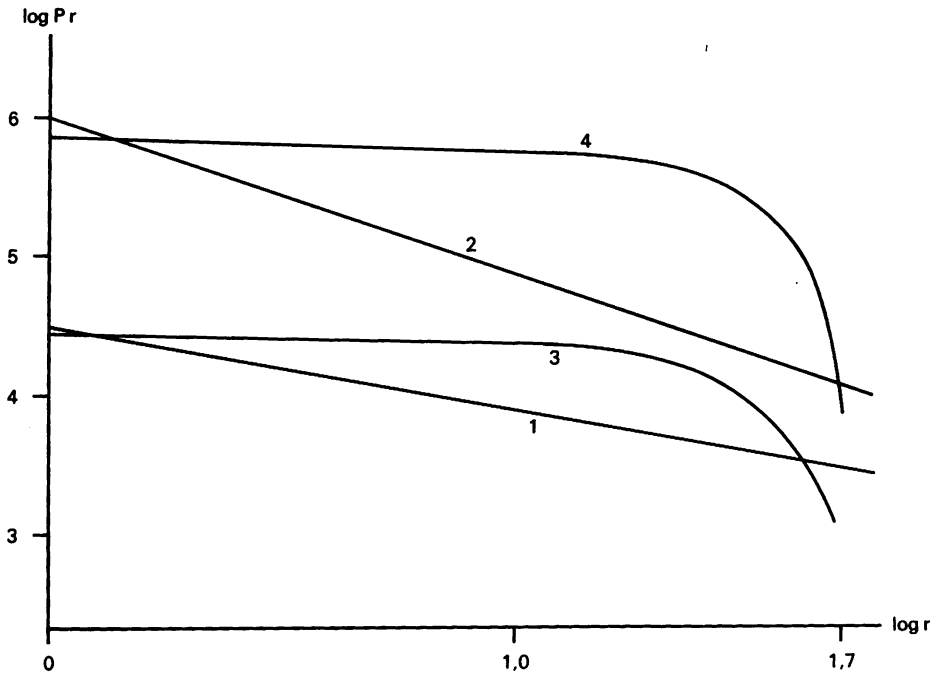


Fig. 1: Die Zipfschen Regressionsgeraden für die Jahre 1845 (1) und 1970 (2) und die entsprechenden Autokorrelationskurven (3 und 4)

3. Die Aussagefähigkeit des Zipfschen Gesetzes

Die erstaunlich hohen Werte für das Bestimmtheitsmass r^2 , das zudem im Verlauf von 125 Jahren anscheinend keine Änderung erfahren hat, enthalten einen sehr hohen Anteil an Autokorrelation. Zu dessen Bestimmung wurden zunächst die theoretisch zu erwartenden Funktionen $P_r = f(r)$ ermittelt unter der Annahme, dass die Bevölkerungszahlen der 50 grössten Agglomerationen zufällig und gleichmässig über den Bereich 1 bis 30 000 (1845) bzw. 1 bis 700 000 (1970) verteilt seien. Da der durchschnittliche Abstand zweier benachbarter unter n aus den Zahlen 1 bis M zufällig ausgewählter Zahlen gleich $\frac{M}{n+1}$ ist, konnten die theoretischen Funktionen $P_r = f(r)$ leicht konstruiert werden (Fig. 1). Ihre Form weicht von den Zipfschen Regressionsgeraden deutlich ab, es ist aber leicht ersichtlich, dass sie trotzdem noch ein beträchtliches Mass an Korrelation zwischen $\log P_r$ und $\log r$ enthalten. Werte für das Bestimmtheitsmass können jedoch nur experimentell gewonnen werden. Zu diesem Zweck wurden 6 Experimente durchgeführt. Mit Hilfe von Zufallszahlen wurden je 50 Werte zwischen 1000 und 700 000 ermittelt (es wurde ausschliesslich mit ganzen Tausendern gerechnet), nach ihrer Grösse

geordnet und einer Korrelationsrechnung unterworfen. Es wurden folgende Resultate gefunden:

Experiment	r^2
1	0,48
2	0,39
3	0,46
4	0,54
5	0,36
6	0,53

Als Mittelwert wurde $r^2 = 0,46$, als Schätzung für die Streuung der r^2 -Werte $s = 0,075$ bestimmt. Daraus ergibt sich, dass die Autokorrelation bei der gewählten Versuchsanordnung im Durchschnitt 46% beträgt. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,025 muss aber das Bestimmtheitsmass mindestens $0,46 + 2s = 0,61$ betragen, damit dem Zipfschen Gesetz überhaupt eine Aussagefähigkeit zugesprochen werden kann. Selbst unter dieser Einschränkung darf gesagt werden, dass die Bevölkerungszahlen der Schweizer Agglomerationen dem Zipfschen Gesetz erstaunlich genau gehorchen.

4. Gibrat-Wachstum zwischen 1845 und 1970

Unter den möglichen Wachstumsmechanismen, welche die im Verlauf der Entwicklung der Schweizer Agglomerationen zu beobachtende Disproportionierung erklären könnten, wurde als erster der Gibrat-Effekt untersucht. Dieser Effekt beruht auf der Tatsache, dass zufällige, normalverteilte Wachstumsraten im Laufe der Zeit zu einer beträchtlichen Disproportionierung führen können.

Ob die Wachstumsraten der Schweizer Agglomerationen tatsächlich normalverteilt sind, kann nicht einwandfrei abgeklärt werden, da für keine einzige der untersuchten Agglomerationen zuverlässige jährliche Wachstumsraten, die sich über den gesamten Betrachtungszeitraum erstrecken, publiziert sind. Anhand des Beispiels des Kantons Basel-Stadt, für welchen echte jährliche Zuwachsraten ab 1917 publiziert sind [4], kann jedoch gezeigt werden, dass die Hypothese normalverteilter Zuwachsraten durch die Beobachtung befriedigend gestützt wird (Fig. 2). Publierte Wachstumsraten für den Zeitraum von 1845 bis 1917 beruhen in diesem Falle auf geometrischer Interpolation oder auf Schätzungen.

Um den Einfluss des Gibrat-Effektes studieren zu können, wurde ein Simulationsprogramm in GPSS V geschrieben, mit dessen Hilfe das Wachstum der 50 grössten Schweizer Agglomerationen von 1845 während 125 Jahren simuliert

werden konnte, wobei die Zuwachsraten mit Hilfe von Zufallszahlen der Grundgesamtheit $N(0,019; \sigma)$ entnommen wurden. Die durchschnittliche Wachstumsrate von 1,9% entspricht der globalen Wachstumsrate der 50 grössten Agglomerationen im Betrachtungszeitraum (1845: 325387; 1970: 3365000). Die Streuung σ kann nicht genau bestimmt werden. Sie liegt jedoch in der Grössenordnung der Wachstumsrate.

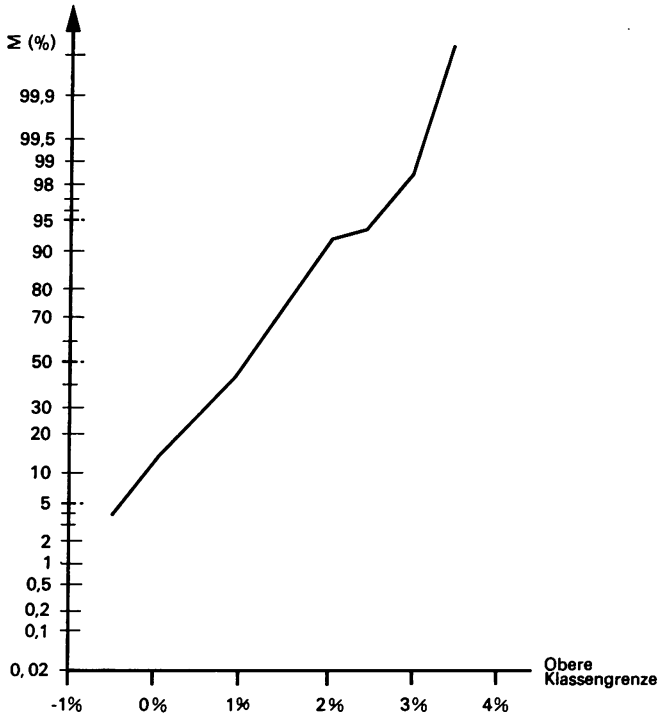


Fig.2: Die Wachstumsraten des Kantons Basel-Stadt. Prüfung auf Normalität im Wahrscheinlichkeitsnetz.

Bei den ersten Versuchen mit dem Wachstumsmodell, bei denen als einziger Versuchsparameter die Streuung σ variiert wurde, zeigte sich sehr schnell, dass die Wahl des Random Number Generators bzw. dessen Startzahl auf Form und Lage der resultierenden Prozentsummenkurve einen so starken Einfluss ausübte, dass der erwartete Trend nach stärkerer Disproportionierung bei wachsender Streuung der Wachstumsraten stark gestört war. Um den Einfluss des Random Number Generators auszuschalten, wurde eine Reihe gleichartiger Experimente mit Wachstumsrate 1,9% und Streuung 3,0% unter Verwendung verschiedener Start-

zahlen durchgeführt. Die für das Jahr 1970 simulierte Disproportionierung wurde gemessen durch den Koeffizienten

$$\alpha = \frac{\sum_{r=1}^{10} P_r}{\sum_{r=1}^{50} P_r} 100.$$

Die Ergebnisse der Versuchsreihe sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2: Einfluss des Random Number Generators auf die Disproportionierung

Experiment	Startzahl	α
1	6 352	51,43
2	31	40,88
3	743	48,79
4	37	46,39
5	10 009	44,01
6	53	42,45
7	257	47,39
8	997	44,15
9	337	52,19
10	711	45,84
Durchschnitt	–	46,35

Der bevölkerungsmässige Anteil der 10 grössten Agglomerationen betrug im Durchschnitt 46,35%. Diesem Wert kam das Ergebnis von Experiment 4 mit Startzahl 37 und $\alpha = 46,39\%$ am nächsten. In der Folge wurde daher ausschliesslich mit dieser Startzahl gearbeitet, damit vergleichbare Resultate gewonnen werden konnten. Die Startzahl 37 findet interessanterweise bei GPSS V als default value Verwendung.

Nachdem der Einfluss des Random Number Generators ausgeschaltet war, konnte der Einfluss der Streuung auf die Disproportionierung gesondert untersucht werden. Die Resultate einer Versuchsreihe, bei welcher ausschliesslich die Streuung variiert wurde, sind in Tabelle 3 wiedergegeben. Daraus wird ersichtlich, dass Streuungen in der Grössenordnung von 12 bis 15% nötig wären, um die wachsende Disproportionierung während des Betrachtungszeitraumes allein mit Hilfe des Gibrat-Effektes erklären zu können, so dass nach einer anderen Erklärung gesucht werden muss.

Tabelle 3: Einfluss der Streuung auf die Disproportionierung

Simulation	σ	α
(1845)	—	45,26
1	3,0%	46,39
2	6,0%	51,34
3	9,0%	58,00
4	12,0%	64,87
5	15,0%	72,88
(1970)	—	69,32

5. Gibrat-Wachstum vor 1845

Da wegen Fehlens einer vollständigen Freizügigkeit das Wachstum der Schweizer Agglomerationen seit ihrer Entstehung bis zum Jahr 1845 anders verlaufen sein dürfte als nach der Gründung des Bundesstaates, stellt sich die Frage, ob wenigstens die Bevölkerungsverteilung von 1845 durch Gibrat-Wachstum erklärt werden kann. Dazu wurde das Simulationsprogramm leicht modifiziert, indem von der Annahme ausgegangen wurde, dass alle Schweizer Agglomerationen in einer grauen Vorzeit, die willkürlich in das Jahr 800 zurückverlegt wurde, genau je 100 Einwohner gehabt hätten. Das Wachstum von 50 solcher Einheitsagglomerationen wurde hierauf über einen Zeitraum von 1045 Jahren simuliert. Dabei wurde die theoretische globale Wachstumsrate von 0,4% und eine Streuung verwendet, die derjenigen des Zeitraumes von 1845 bis 1970 entsprach (etwa 2%). Dies scheint berechtigt, da für die simulierte Periode relativ grosse Schwankungen durch irreguläre Bevölkerungsbewegungen (Kriege, Seuchen, Wanderungen usw.) angenommen werden müssen. Fig. 4 zeigt die tatsächliche sowie die simulierte Prozentsummenkurve für das Jahr 1845. Daraus ist ersichtlich, dass die Bevölkerungsverteilung von 1845 bzw. deren Grad an Disproportionierung durch den Gibrat-Effekt weitgehend erklärt werden kann. Nicht erklärt bleibt die zusätzliche Exzentrizität der tatsächlichen gegenüber der simulierten Prozentsummenkurve. Siehe dazu Abschnitt 6c.

6. Weitere Wachstumsmechanismen

Für die Periode von 1845 bis 1970 muss ein Wachstumsmechanismus gesucht werden, der zu einer wesentlich stärkeren Disproportionierung führt als Gibrat-Wachstum.

a) Mansfield-Wachstum

Dieser Wachstumsmechanismus unterscheidet sich vom Gibrat-Wachstum insofern, als der Betrag der Streuung rangabhängig ist. Diese wächst beispielsweise zwischen den Rängen n und m linear vom halben auf den doppelten Betrag an, während sie unterhalb n bzw. oberhalb m konstant ist (Fig. 3). Zahlenwerte für n und m werden frei gewählt.

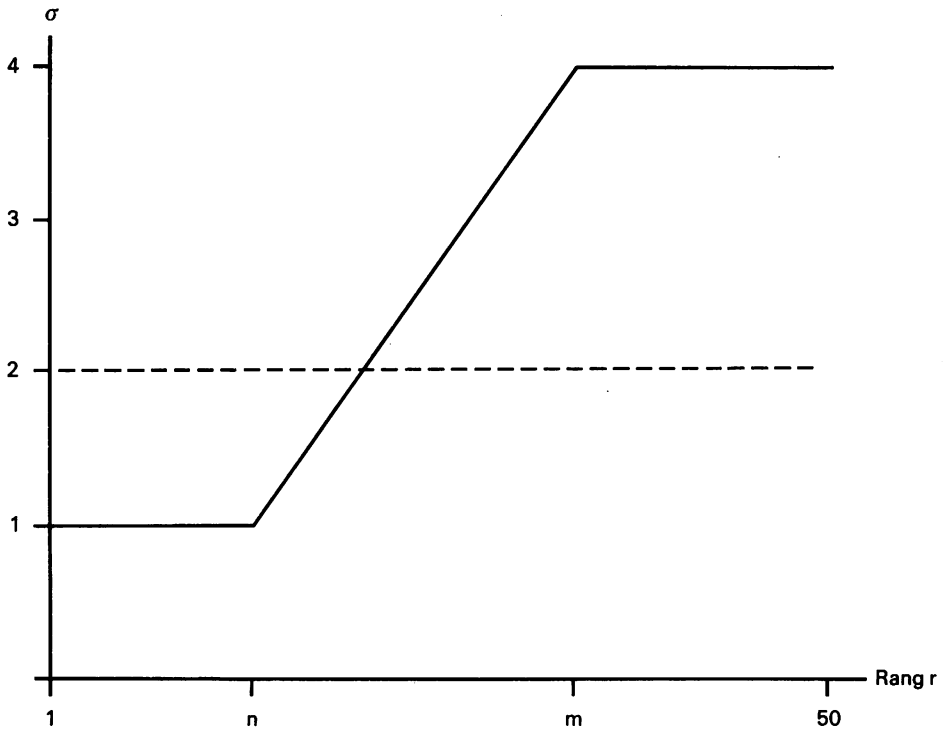


Fig. 3: Vergleich von Gibrat-Wachstum (unterbrochene Linie) mit Mansfield-Wachstum.

Eine vergleichende Studie von Beckenstein und Schriber [5] hat gezeigt, dass Mansfield-Wachstum unter ähnlichen Versuchsbedingungen tatsächlich zu wesentlich stärkerer Disproportionierung führt als Gibrat-Wachstum. Da die beiden Autoren jedoch nur eine relativ kleine Zahl von wachsenden Objekten (Industriefirmen) untersuchten und zudem den Einfluss des Random Number Generators anscheinend nicht in ihre Untersuchungen miteinbezogen, sind die publizierten Resultate mit Vorsicht zu interpretieren. Gleichwohl seien sie hier auszugsweise wiedergegeben (Tabelle 4).

Tabelle 4: Vergleich verschiedener Wachstumsmechanismen. Jährliche durchschnittliche Wachstumsrate 6%, durchschnittliche Streuung 16%. Nach Beckenstein und Schriber [5]

Relative Grösse von Industriefirmen nach 100 Jahren	Wachstum		
	Gibrat	Mansfield	Grössenunabhängig
1	32,9	55,9	6,8
2	15,0	32,4	6,2
3	9,6	7,6	5,9
4	7,5	2,3	5,6
5	6,2	0,7	5,3

Für die Erklärung des Wachstums der Schweizer Agglomerationen zwischen 1845 und 1970 musste Mansfield-Wachstum aus folgenden Gründen ausgeschlossen werden:

- Die Wahl der Funktion $\sigma = f(r)$ ist willkürlich.
- Die beobachteten Wachstumsraten und deren Streuungen stützen die Hypothese eines umgekehrt proportionalen Verhaltens von Rang und Streuung keineswegs. Grosse Streuungen bei relativ kleinen Ortschaften können zwar beobachtet werden, es handelt sich aber fast ausschliesslich um Wachstumszonen grösserer Agglomerationen, die hier als einheitliche Objekte betrachtet werden.
- Grosse Streuungen bedeuten entweder häufige negative Wachstumsraten, die in Wirklichkeit nur sehr selten vorkommen, oder aber hohe Wachstumsraten und damit vordere Ränge, was zu einem Widerspruch führt,
- Obwohl die Disproportionierung bei Mansfield-Wachstum stärker ist als bei Gibrat-Wachstum, reicht sie nicht aus für eine Erklärung der Bevölkerungsverteilung von 1970.

b) Grössenunabhängiges Wachstum

Bei diesem Wachstumsmechanismus wird im Gegensatz zu Gibrat-Wachstum zunächst das jährliche Gesamtwachstum aller Objekte mit Hilfe von Zufallszahlen aus der Grundgesamtheit $N(1,9\%; \sigma)$ ermittelt, der Zuwachs sodann mit Hilfe einer Dreiecksfunktion der Fläche 1 in 50 Portionen aufgeteilt und zufällig auf die 50 Objekte verteilt. Dieses Wachstum führt ebenfalls zu einer gewissen Disproportionierung, deren Umfang jedoch, wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, im Vergleich etwa zum Gibrat-Wachstum verschwindend klein ist.

c) Gibrat-Präferenzwachstum

An einen Wachstumsmechanismus, der die während der letzten 125 Jahre erfolgte Disproportionierung der Schweizer Agglomerationen befriedigend zu erklären vermag, müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

- Streuungen, welche die beobachteten Werte nicht übersteigen,
- keine willkürliche Funktion $\sigma = f(r)$,
- Berücksichtigung der Beobachtung, dass bei langjähriger Stagnation, d.h. geringer Wachstumsrate, auch die Streuung klein ist,
- eine befriedigende Erklärung der Exzentrizität (siehe Abschnitt 5).

Um diese Anforderungen zu erfüllen wurde ein modifiziertes Gibrat-Wachstum definiert, welches sich dadurch auszeichnet, dass normalverteilte Wachstumsraten mit einer Präferenzfunktion multipliziert werden. Diese Präferenzfunktion ist eine lineare Funktion mit den Werten

$$\begin{aligned} 1 + d & \text{ für } r = 1, \\ 1 - d & \text{ für } r = 50 \end{aligned}$$

und spiegelt die Beobachtung wider, dass grosse Agglomerationen im allgemeinen einen grösseren Wanderungsgewinn aufweisen als kleine. Dabei ist nicht so sehr die absolute Grösse einer Agglomeration als vielmehr ihre relative Bedeutung innerhalb einer Region massgebend. Für die praktische Durchführung der Simulation bedeutet das, dass zu Beginn eines neuen Jahres alle Agglomerationen nach ihrer Grösse geordnet und ihre Ränge neu bestimmt werden müssen. Gibrat-Effekt und Präferenzfunktion wirken kumulierend auf den Grad der Disproportionierung. Bei gleicher durchschnittlicher Wachstumsrate ist das Gesamtwachstum wesentlich stärker als bei reinem Gibrat-Wachstum, so dass eine geeignete durchschnittliche Wachstumsrate, die das gewünschte Gesamtwachstum bewirkt, heuristisch gefunden werden muss. Gibrat-Präferenzwachstum wird daher durch drei Parameter gesteuert, die Wachstumsrate g , die Streuung σ und die Präferenz d .

Zur Bestimmung der optimalen Parameter wurde eine Reihe von Simulationen durchgeführt, bei welchen σ konstant gehalten wurde, während g und d so lange variiert wurden, bis die resultierende Prozentsummenkurve eine befriedigende Übereinstimmung mit der beobachteten Bevölkerungsverteilung von 1970 zeigte. Dies war der Fall bei folgenden Versuchsbedingungen:

$$\begin{aligned} g &= 1,5\% \\ \sigma &= 1,9\% \\ d &= 0,5 \\ (\text{Startzahl} &= 37) \end{aligned}$$

Wie Figur 4 zeigt, lässt sich die Bevölkerungsverteilung der 50 grössten Schweizer Agglomerationen von 1970 befriedigend aus derjenigen von 1845 ableiten, wenn der Entwicklung Gibrat-Präferenzwachstum zugrunde gelegt wird.

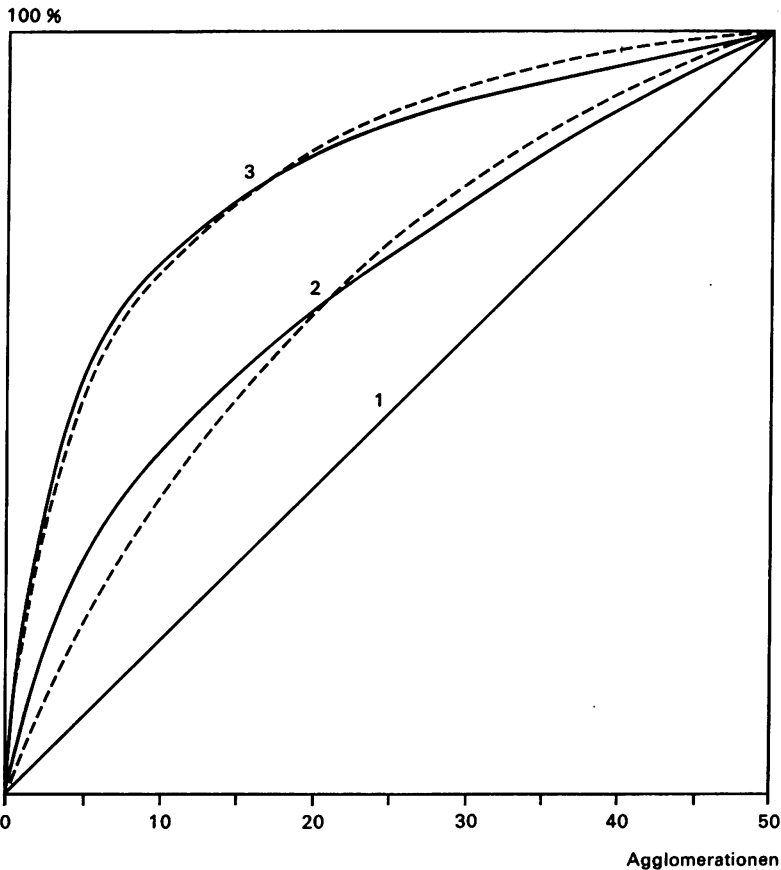


Fig. 4: Bevölkerungsverteilung der 50 grössten Schweizer Agglomerationen. Hypothetische Verteilung um das Jahr 800 (Kurve 1), tatsächliche und simulierte Verteilung (reines Gibrat-Wachstum) für das Jahr 1845 (2), tatsächliche und simulierte Verteilung (Gibrat-Präferenzwachstum) für das Jahr 1970 (3). Simulierte Kurven sind durchbrochen dargestellt.

Bei der Interpretation der in Figur 4 dargestellten Simulationsergebnisse darf der stochastische Charakter der beiden untersuchten Wachstumsmechanismen nicht ausser acht gelassen werden. Zudem handelt es sich in der Wirklichkeit nie um eine abgeschlossene Anzahl wachsender Agglomerationen. Die 50 grössten Agglomerationen von 1845 existierten zum grossen Teil im Jahre 800 noch nicht. Andererseits gab es im Jahre 800 wohl wesentlich mehr als bloss 50 Agglomerationen mit 100 und mehr Einwohnern. Wären mehr wachsende Agglomerationen in die Untersuchung miteinbezogen worden, hätte die resultierende Prozentsummenkurve für die 50 grössten unter ihnen einen höheren Grad an Exzentrizität gezeigt.

Für den Zeitraum von 1845 bis 1970 kann der gefundene Wachstumsmechanismus streng nur auf die ersten 10, eventuell auch auf die ersten 20 der 50 grössten

Agglomerationen angewandt werden. Von den 10 grössten Agglomerationen des Jahres 1970 gehörten schon im Jahre 1845 alle der Liste an, während sich unter den ersten 20 bereits zwei Neulinge finden, die im Jahre 1845 noch nicht der Liste angehörten. Beides sind allerdings Ausnahmefälle, Olten als Eisenbahnknotenpunkt und Baden ebenfalls aus verkehrstechnischen Gründen und als Sitz der BBC. Unter den letzten 30 auf der Liste von 1970 sind dann bereits 20 Neulinge.

7. Prognose für das Jahr 2000

Da Gibrat-Präferenzwachstum, ausgehend von Daten des Jahres 1845, die Bevölkerungsverteilung von 1970 gut zu erklären vermag, ist es naheliegend, den gefundenen Wachstumsmechanismus für Prognosezwecke einzusetzen. Der Ballungsprozess kann zwar auch auf konventionellem Wege prognostiziert werden, wobei von den unterschiedlichen Wachstumsraten verschieden grosser Agglomerationen ausgegangen wird. Diese Methode liefert jedoch zu kleine Werte für den Disproportionierungsgrad, da der Beitrag des Gibrat-Effektes vernachlässigt wird! Der beschriebene Mechanismus berücksichtigt jedoch beide Ursachen der Disproportionierung. Tabelle 5 zeigt die prozentualen Anteile der 10 grössten Agglomerationen an der Gesamtbevölkerung der jeweiligen 50 grössten Agglomerationen für die Jahre 1845 und 1970 sowie, basierend auf den Ausgangsdaten von 1845, simulierte Werte für die Jahre 1970 und 2000. Für beide Simulationen wurde vom selben Bezugsjahr ausgegangen, damit die Resultate vergleichbar waren.

Tabelle 5: Simulation der Bevölkerungsverteilung

Rang	1845	1970	1970 simuliert	2000 simuliert
1	9,21	20,05	21,20	25,36
2	6,90	11,10	11,03	12,61
3	6,82	9,54	9,04	8,91
4	4,61	7,70	6,54	6,72
5	4,38	6,51	4,00	4,62
6	3,18	4,42	3,92	4,50
7	2,80	3,24	3,81	3,32
8	2,61	2,65	3,43	2,74
9	2,56	2,40	3,05	2,69
10	2,20	1,80	2,45	2,44

Für die zukünftige Entwicklung der Schweiz ergibt sich aus Tabelle 5 die interessante Feststellung, dass bis zum Jahre 2000 von den 50 grössten Agglomera-

tionen nur noch etwa 6 ein überdurchschnittliches Wachstum aufweisen werden, während die übrigen etwa 44 ihren Anteil bestenfalls knapp halten werden. Ohne wirksame landesplanerische Eingriffe ist die Schweiz demnach im Begriff, sich in Richtung auf ein ungefähr hexazentrisches System hin zu entwickeln.

9. Literatur

- [1] Siehe z. B. *M. Beckmann*, *City Hierarchies and the Distribution of City Size, Economic Development and Cultural Change*, New York, 195.
- [2] *J. J. Leuthy*, *Geographisch-Statistisches Handlexikon des Schweizerlandes*, Zürich 1846.
- [3] *Statistisches Jahrbuch der Schweiz*, Ausgabe 1971.
- [4] *Statistisches Jahrbuch des Kantons Basel-Stadt*, Ausgaben 1922 und 1970.
- [5] *A. R. Beckenstein* und *T. J. Schriber*, *A Simulation Study of the Size of Firms*, Fourth Conference of Applications of Simulation, New York, 1970.

Zusammenfassung

Untersuchungen über das Wachstum der Schweizer Städte

Die Zusammenballung der Bevölkerung eines Landes in wenigen Agglomerationen kann mit deterministischen Prognoseverfahren nur unvollständig vorausgesagt werden. Am Beispiel der Schweiz wurde deshalb versucht, den Ballungsprozess durch einen modifizierten Gibrat-Wachstumsmechanismus zu erklären. Ausgehend von der Bevölkerungsverteilung von 1845, konnte die Entwicklung der folgenden 125 Jahre simuliert werden, wobei das Resultat befriedigende Übereinstimmung mit dem beobachteten Zustand von 1970 zeigte. Die Simulation wurde dann für eine Prognose auf das Jahr 2000 weitergeführt.

Résumé

Analyses sur la croissance des villes en Suisse

La concentration de la population d'un pays dans un nombre limité d'agglomérations ne peut être prédite qu'incomplètement avec des méthodes de pronostic déterminées. Pour cette raison, on a essayé à l'exemple de la Suisse d'expliquer le processus de concentration à l'aide d'un mécanisme de croissance Gibrat. Se basant sur la répartition de la population en 1845, on a simulé le développement des 125 années suivantes: le résultat correspond relativement bien à la distribution effective de la population de 1970. La simulation a été continuée pour un pronostic jusqu'à l'an 2000.

Summary

Investigations upon the growth of Swiss towns

The agglomeration of the population of a given country cannot but incompletely be forecasted when deterministic forecasting techniques are used. Based upon Swiss statistical data the process of agglomeration has been explained by a Gibrat type growth mechanism. Starting from the 1845 size distribution of Swiss cities 125 years have been simulated whereby the results were in accordance with the observed size distribution of 1970. The simulation was then continued and led to a forecast for the year 2000.