



# Zuwanderung und Integration in sich verändernden Gesellschaften

Ein mathematisches Netzwerkmodell simuliert die Immigration- und Koexistenzprozesse in der Europäischen Union.

Dr. Yao-Li Chuang und Prof. Dr. Maria R. D'Orsogna, Department of Mathematics, California State University, Los Angeles, fassen ihre Arbeiten zur Modellierung von Immigration zusammen:

## Immigration gab es schon immer

Menschliche Migration war schon immer ein Teil der Menschheitsgeschichte. Unsere frühesten Vorfahren verließen Afrika vor über 70.000 Jahren und siedelten sich in Europa, Asien und Amerika an, auf der Suche nach neuen Jagdgründen. Bis zum Jahr 10.000 v. Chr. war der größte Teil der Landmasse der Erde besiedelt, und die Menschheit passte sich an neue Umgebungen an, lernte zu kooperieren, entwickelte neue Werkzeuge und erfand die Landwirtschaft.

In jüngerer Zeit verlassen Arbeiter ihre Heimat auf der Suche nach Arbeit oder besseren wirtschaftlichen Möglichkeiten, Flüchtlinge fliehen vor Bürgerkriegen, brutalen Diktaturen oder religiöser Verfolgung. Andere migrieren nach Naturkatastrophen, als Reaktion auf Hunger,

Dürren oder den Verlust von Ackerland. Nach Angaben der Internationalen Organisation für Migration (IOM) machen internationale Migranten im Jahr 2019 Migranten 3,5% der Weltbevölkerung ausmachen, ein Rekordhoch. Es wird erwartet, dass der Klimawandel weltweit noch viel mehr Menschen vertreiben wird.

Die Vereinigten Staaten haben seit ihrer Gründung viele Wellen der Einwanderung erlebt. Pilger und Puritaner waren unter den ersten, die sich im 17. Jahrhundert an der Ostküste niederließen, auf der Suche nach religiöser Freiheit. Versklavte Westafrikaner kamen gegen ihren Willen für mehr als hundert Jahre bis 1865, bis der 13. Zusatzartikel die Sklaverei abschaffte. Im 19. Jahrhundert trieb eine massive Hungersnot viele verarmte Iren an die Ostküste. Eine große Anzahl von Deutschen kam in der gleichen Zeit an, um der Armut und den Unruhen nach der Märzrevolution und den Aufständen von 1848-1849 zu entkommen. Sie ließen sich im Mittleren Westen nieder und gründeten blühende Gemeinden. Bei der Volkszählung im Jahr 2000



waren die Amerikaner deutscher Abstammung zahlreicher als jede andere Gruppe. Der kalifornische Goldrausch zog asiatische Einwanderer an, vor allem aus China, bis der 'Chinese Exclusion Act' im Jahr 1882 unterzeichnet wurde. Schließlich kam es zu Beginn des 20. Jahrhunderts zu einer groß angelegten Einwanderung aus Süd- und Mitteleuropa, hauptsächlich mittellose Italiener und verfolgte osteuropäische Juden. Die Weltwirtschaftskrise von 1929 und der Zweite Weltkrieg stoppten den Zustrom von Migranten in die Vereinigten Staaten, der während des Kalten Krieges mit der Einwanderung von politischen Flüchtlingen aus der UdSSR und Kuba wieder einsetzte. Im Jahr 1965 wurde der 'Immigration and Nationality Act' verabschiedet, der Quoten auf Basis der Nationalität abschaffte und die Familienzusammenführung ermöglichte. Dieses Gesetz, zusammen mit deutlich verbesserten wirtschaftlichen Bedingungen in Europa, veränderte die Migrationsmuster in die Vereinigten Staaten, so dass heute die Mehrheit der Neuankömmlinge aus Asien und Lateinamerika stammt. Europa, seit mehr als drei Jahrhunderten

eine Quelle von Migranten in Richtung USA, hat in den letzten Jahren selbst begonnen, Migranten aus Afrika, Asien und dem Nahen Osten anzuziehen.

Intrakontinentale Migration zwischen den Kontinenten ist ebenfalls auf dem Vormarsch, was durch die EU-Gesetzgebung begünstigt wird. Ein besonders anschauliches Beispiel für eine groß angelegte Migration nach Europa ist die Ankunft von mehr als einer Million Menschen in Deutschland und auf dem Rest des Kontinents von mehr als einer Million Menschen, zumeist Flüchtlingen aus Syrien, ab dem Sommer 2015 und in Folge des 2011 in Damaskus ausgebrochenen Bürgerkriegs. Über diesen schicksalhaften Sommer ist viel geschrieben worden: die bemerkenswerte Großzügigkeit der deutschen Bevölkerung, die politischen Differenzen auf nationaler und europäischer Ebene über die richtige Flüchtlingspolitik, die Belastung der EU-Grenzländer wie Italien, Griechenland und Ungarn, die nicht die Ressourcen oder den Willen hatten, eine so große Zahl von Neuankömmlingen zu bewältigen, die Ausbeutung der Migranten durch Schlepper und die allmähliche Zunahme der Unzufriedenheit in weiten Teilen der Gesellschaft über tatsächliche oder vermeintliche Fragen der Sicherheit, der Identität, des Säkularismus und des Multikulturalismus.

Unabhängig vom größeren gesellschaftspolitischen Diskurs bleibt eine Wahrheit bestehen: Viele Migranten haben sich in den letzten Jahren in europäischen Städten niedergelassen und werden dies auch weiterhin tun, ähnlich wie in den Vereinigten Staaten, die eine längere Einwanderungstradition und eine längere Geschichte von Zurückweisungen durch Einheimische, Erfolgsgeschichten und gesellschaftlichen Veränderungen haben, die durch den heiklen Übergang der Migranten von Außenseitern zu Insidern hervorgerufen wurden.

### Wie wird Immigration eine Erfolgsgeschichte

Es stellt sich also eine zentrale Frage: Wie können wir sicherstellen, dass die Ankunft von Neuankömmlingen sowohl für die Migranten als auch für die langfristig Ansässigen von Vorteil ist? Die Integration von Zuwanderern in die breitere Gesellschaft ist wesentlich für die Schaffung lebendiger und zusammenhängender Gemeinschaften. Neuankömmlinge, die sich aufgrund der Umstände, der Abneigung von Einheimischen, mangelnder Motivation und/oder Ressourcen nicht gut integrieren, neigen dazu, sich selbst zu segregieren und Inselgruppen zu bilden. Diese Enklaven bieten den Zuwanderern zwar Vorteile und ein Gefühl der Zugehörigkeit, können sie sie aber auch

an der vollen bürgerlichen Teilhabe hindern und zu dem Risiko führen, dass Parallelgesellschaften entstehen.

Viele mathematische Modelle wurden eingeführt, um die Migration zu untersuchen, die oft als ein 'Push-Pull-Phänomen' beschrieben wird: Der Push entsteht durch die schlechten sozioökonomischen Verhältnisse in den Heimatländern der Migranten, der Pull resultiert aus den erstrebenswerteren Bedingungen in den Zielländern. Einer der ersten Gelehrten, der Migration im Sinne von Push-Pull-Begriffen beschrieb, war der deutsch-britische Geograph Ernst Ravenstein, der in den späten 1800er Jahren eine Reihe von „Gesetzen der Migration“ festlegte, auf denen die moderne Migrationstheorie aufbaut. Später wurden diese Gesetze mathematisiert, was zu verschiedenen Ausdrücken für  $M_{ij}$ , die Anzahl der Personen, die von Ort  $i$  nach Ort  $j$  ziehen, führte. Eine allgemeine Form ist von der Art

$$M_{ij} = k \frac{R_i + A_j}{d_{ij}}$$

wobei  $k$  eine Proportionalitätskonstante ist,  $d_{ij}$  die Entfernung zwischen Ursprung  $i$  und Ziel  $j$  ist und  $R_i, A_j$  die „abstoßenden“ und „anziehenden“ Eigenschaften des Ursprungs  $i$  bzw. des Ziels  $j$  sind. Beispiele für  $R_i, A_j$  können Arbeitslosenquoten, Löhne, Wohnkosten oder Personen auf dem Arbeitsmarkt sein, die um dieselben Arbeitsplätze konkurrieren. Eine alternative Form ist vom Typ

$$M_{ij} = k \frac{P_i^\alpha + P_j^\beta}{d_{ij}^\gamma}$$

wobei  $P_i, P_j$  die Populationen in den Herkunftsgebieten  $i$  und Zielgebieten  $j$  sind und  $\alpha, \beta, \gamma$  Parameter, die an die Daten angepasst werden müssen. Der Wanderungssaldo aus der Region  $i$  ist gegeben durch  $\sum_j (M_{ij} - M_{ji})$ , wobei sich die Summe über alle möglichen Hoheitsgebiete  $j$  ergibt, in die oder aus denen Einwanderungs- oder Auswanderungsströme mit Verbindung zum Hoheitsgebiet  $i$  existieren. Manchmal werden die bekannten Migrationsströme verwendet, um Schätzungen für die Push- und Pull-Faktoren  $R_i, A_j$  zu rekonstruieren, ein anderes Mal werden die Daten verwendet, um die Werte von  $\alpha, \beta, \gamma$  zu schätzen. Diese Modelle wurden über mehrere Jahre hinweg zur Untersuchung der internationalen und internen Migration angewandt, u.a. in und innerhalb der USA, Groß-

britanniens, Neuseelands, Italiens, Vietnams, zwischen der EU und den Nachbarländern, und wurden weiter angepasst, um Niederschlags- und Temperaturänderungen einzubeziehen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Migration zu untersuchen.

## Ein mathematisches Modell der Immigration

Um Probleme im Zusammenhang mit der Integration von Zuwanderern besser zu verstehen, kann ein mathematisches Modell, das die gesellschaftliche Dynamik unter Einbeziehung von Elementen aus der Netzwerktheorie und der Spieltheorie untersucht, verwendet werden kann. Es wird angenommen, dass die Gesellschaft aus zwei Gruppen besteht, die aus  $N_H$  „Gastgebern“ und  $N_G$  „Gästen“ bestehen und als Knoten dargestellt werden, die in einem zeitlich veränderlichen sozialen Netzwerk interagieren. Jeder Knoten repräsentiert ein Individuum oder eine kleine Gruppe von gleichgesinnten Individuen, entweder Gastgeber oder Gast. Beide Typen interagieren auf der Grundlage rationaler Entscheidungen miteinander, da sie versuchen, ihren sozioökonomischen Status zu verbessern, was zu Veränderungen im sozialen Netzwerk führt. Jeder Knoten  $i$  trägt eine zeitabhängige Einstellung  $x_i^t$  gegenüber anderen und erhält eine zu maximierende Nutzenfunktion  $U_i^t$ , die von seinen  $m_i^t$  Verbindungen abhängt. Im Laufe der Zeit passen die Knoten, um ihren Nutzen zu erhöhen, ihre Einstellungen an und schaffen neue oder kappen alte Verbindungen; als Ergebnis entwickelt sich das Netzwerk in Richtung Integration oder Segregation zwischen Gastgebern und Gästen. Während die Nutzenfunktion spieltheoretischen Regeln folgt, wird angenommen, dass sich die Einstellungen durch Meinungsdynamik entwickeln. Die beiden beeinflussen sich gegenseitig auf synergetische Weise. Eine Veranschaulichung finden Sie in Abbildung 54.

Die Einstellungen  $x_i^t$  variieren zwischen  $0 \leq x_i^t \leq 1$  für Gastgeber und zwischen  $-1 \leq x_i^t \leq 0$  für Gäste; der Betrag  $|x_i^t|$  gibt den Grad der Feindseligkeit gegenüber der anderen Gruppe an. Somit charakterisiert  $x_i^t \rightarrow 0^\pm$  die aufgeschlossenen Gäste bzw. die gastfreundlichsten Gastgeber, während  $x_i^t = \pm 1$  die höchste Stufe der Fremdenfeindlichkeit darstellt. Der Nutzen  $U_i^t$  ist gegeben durch eine paarweise Belohnung, zu der jeder mit  $i$  verbundene Knoten  $j$  beiträgt, und durch eine Kostenfunktion für die Aufrechterhaltung von  $m_i^t$  Verbindungen, so dass

$$U_i^t = \sum_{j \in \Omega_i} A_{ij} \exp\left(-\frac{|x_i^t - x_j^t|^2}{2\sigma^j}\right) - \exp\left(-\frac{m_i^t}{a}\right).$$

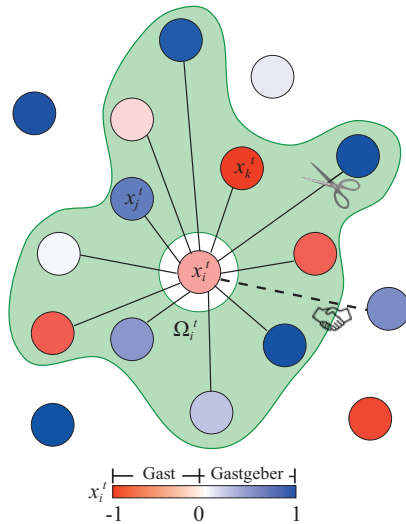


Abbildung 54: Jeder Knoten  $i$  ist charakterisiert durch eine variable Einstellung  $-1 \leq x_i^t \leq 1$  zum Zeitpunkt  $t$ . Negative (rote) Werte stehen für Gäste, positive (blaue) Werte für Gastgeber. Der Betrag  $x_i^t$  repräsentiert den Grad der Feindseligkeit des Knotens  $i$  gegenüber Mitgliedern der anderen Gruppe. Alle mit Knoten  $i$  verbundenen Knoten  $j, k$  stellen den grün schattierten sozialen Kreis  $\Omega_i^t$  von Knoten  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  dar. Der Nutzen  $U_i^t$  des Knotens  $i$  hängt von seiner Einstellung relativ zu der seinen  $m_i^t$  Verbindungen ab. Die Knoten maximieren ihren Nutzen, indem sie ihre Einstellungen  $x_i^t$  anpassen und Verbindungen herstellen oder trennen.

Hier ist  $\Omega_i^t$  die Menge der Knoten, die zum Zeitpunkt  $t$  mit  $i$  verbunden sind, so dass  $m_i^t$  durch seine Kardinalität gegeben ist,  $|m_i^t| = |\Omega_i^t|$ . Die paarweise Belohnung ist der erste Term auf der rechten Seite der obigen Gleichung und hängt von der Einstellungsdifferenz  $|x_i^t - x_j^t|$  zwischen den Knoten  $i$  und  $j$  ab. Je kleiner die Einstellungsdifferenz ist, desto höher ist die Belohnung. Wenn also sowohl  $i$  als auch  $j$  zur gleichen Gruppe gehören, sowohl Gastgeber als auch Gäste, ist die Belohnung für  $x_i^t = x_j^t$  maximiert, was zu einem Konsens zwischen ihnen führt. Wenn  $i$  und  $j$  jedoch aus verschiedenen Gruppen angehören, wird die Belohnung nur dann optimiert, wenn beide Knoten eine kooperativere Haltung einnehmen,  $x_i^t \rightarrow 0^-$  und  $x_j^t \rightarrow 0^+$ . Der Parameter  $\sigma$  steuert die Empfindlichkeit der Belohnung, die Amplitude  $A_{ij}$  spezifiziert die maximal erreichbare Belohnung. Der Einfachheit halber kann  $A_{ij}$  als Konstante gesetzt werden. Die Kostenfunktion ist der zweite Term auf der rechten Seite von der obigen Gleichung und sinkt mit der Anzahl der

Verbindungen  $m_i^t$ , moduliert durch den Skalierungskoeffizienten  $\alpha$ . Dieser Term begrenzt die Anzahl der aktiven Verbindungen, die Knoten  $i$  aufbauen kann.

Beim Fortschreiten von Zeitschritt  $t$  zu Zeitschritt  $t + 1$  wird die Konnektivität eines gegebenen Knotens  $i$  modifiziert, um den Nutzen  $U_i^t$  zu maximieren; seine Einstellung  $x_i^t$  wird durch Nachahmung verändert. In der Praxis wird ein zufälliger Knoten  $j$  ausgewählt und seine Beziehung zu Knoten  $i$  ausgewertet. Wenn die Knoten  $i$  und  $j$  miteinander verbunden sind und das Trennen der Verbindung zwischen ihnen den Nutzen für den Knoten  $i$  erhöht, dann wird die Verbindung getrennt, ansonsten bleiben die beiden Knoten verbunden; wenn die beiden Knoten nicht verbunden sind und das Herstellen einer Verbindung zwischen ihnen den Nutzen für Knoten  $i$  erhöht, wird die Verbindung hergestellt, andernfalls bleiben die beiden nicht verbunden. Einstellungen werden geändert, indem ein anderer zufälliger Knoten  $l$  ausgewählt wird, der mit  $i$  verbunden ist verbunden ist, und durch Verkleinern der Lücke zwischen  $x_i^t$  und  $x_l^t$ . Die Idee ist, dass, sobald eine Verbindung hergestellt ist, die zwei Knoten dazu neigen, engere Ansichten zu teilen. Wenn Knoten  $i$  zum Beispiel ein Gastgeber ist, dann

$$x_i^{t+1} = \max \left( 0, x_i^t + \frac{x_l^t - x_i^t}{\kappa} \right) \quad \text{für Gastgeber.}$$

Hier ist die Einstellung des Knotens  $i$  zum Zeitpunkt  $t + 1$  näher an der Einstellung des Knotens  $l$ , den Knoten  $i$  zu imitieren versucht, aber wir behalten die untere Grenze bei 0, da aufgrund der Konstruktion alle Gastgeberknoten eine positive Einstellung haben müssen. Analog, wenn der Knoten  $i$  ein Gast ist, dann haben wir

$$x_i^{t+1} = \min \left( 0, x_i^t + \frac{x_l^t - x_i^t}{\kappa} \right) \quad \text{für Gäste.}$$

Der Parameter  $\kappa$  in beiden Gleichungen regelt die Verhaltensanpassung: Kleine Werte von  $\kappa$  stehen für eine schnelle Nachahmung zwischen den Knoten  $i$  und  $l$ , während große Werte von  $\kappa$  eine langsamere Nachahmung darstellen.

Schließlich modellieren die Anfangsbedingungen die Art und Weise, wie die Gastgeber anfänglich in die Gemeinschaft integriert werden (oder auch nicht). Ein Extremfall ist der eines perfekt ausgeführten „Willkommens“-Programms, bei dem die Gäste über ausreichende

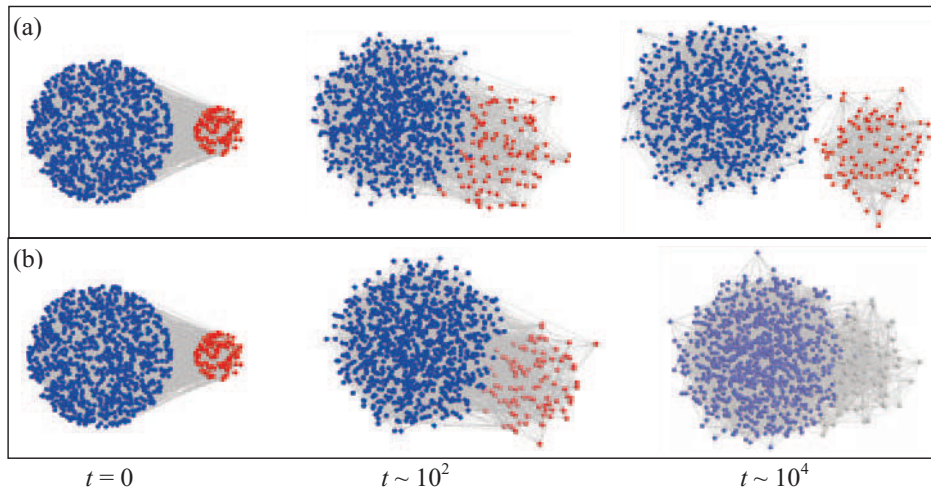


Abbildung 55: Simulierte Dynamik, die zu (a) einer vollständigen Segregation und (b) einer Integration zwischen Gast- (rot) und Gastgeberpopulation (blau) führt. Anfangsbedingungen sind zufällig verbundene Gast- und Gastgeberknoten mit den Einstellungen  $x_{i,Gast}^0 = -1$  und  $x_{i,Gastgeber}^0 = 1$ . Die beiden Abbildungen unterscheiden sich nur durch  $\kappa$ , die Zeitskala der Einstellungsanpassung, mit  $\kappa = 1000$  in Abbildung (a), wo segregierte Cluster entstehen, und  $\kappa = 100$  in Abbildung (b), wo mit der Zeit ein verbundener Gastgeber-Gast-Cluster entsteht.

soziale Bindungen zu den Gastgebern verfügen und alle Knoten zufällig verbunden sind, unabhängig von ihrer Einstellung und ihrem Nutzen. Dies ist die in Abbildung 55 verwendete Anfangsbedingung. Die andere Anfangsbedingung ist die der nicht existierenden Anfangsressourcen, bei der die Gäste in einer völlig fremden Umgebung ankommen. Die Gastgeber sind natürlich miteinander verbunden, in ihrem eigenen Gleichgewichtszustand, und die Gäste werden ohne jegliche Verbindungen zu Gastgebern oder anderen Gästen eingeführt. In Abbildung 55 zeigen wir zwei repräsentative stationäre Ergebnisse ausgehend von den „perfekten“ Anfangsbedingungen der Vermischung von Gastgebern und Gästen zu Beginn. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Tafeln ist der Parameter  $\kappa$ . In der oberen Abbildung, wo der Parameter  $\kappa$  groß ist, werden trotz der günstigsten Anfangsbedingungen Gastgeber und Gäste getrennt und verhalten sich äußerst feindselig. Jegliche anfänglich auferlegte gruppenübergreifende Nützlichkeit führt zu geringen Belohnungen, die im Laufe der Zeit nicht zunehmen so dass alle Verbindungen zwischen Gastgebern und Gästen schließlich gekappt werden. Die Akkumulation von sozioökonomischem Wohlstandes erfolgt eher durch insulare gruppeninterne Verbindungen, so dass schließlich Enklaven entstehen, in denen die beiden getrennten Gruppen einheitliche, aber unterschiedliche Haltungen einnehmen  $x_i$ . Im unteren Panel, wo der Wert niedrig ist, entwickeln alle Knoten kooperativere Einstellungen, die die gruppenübergreifenden Belohnungen, so dass Gastgeber und Gäste gemischt bleiben. Schließlich,  $x_i \rightarrow 0$  auf allen Knoten.

### Bildung von ethnischen Enklaven

Weitere Faktoren, die zur Enklavenbildung führen können, sind ein hohes Gäste-Gastgeber-Verhältnis ( $N_g/N_h$ ), das die Wahrscheinlichkeit gruppeninterner Verbindungen erhöht und die Kommunikation zwischen der Gast- und der Gastbevölkerung verringert, sowie niedrige Werte der Amplitude  $A_{ij}$ , die geringe sozioökonomische Gewinne für Verbindungen zwischen Gastgebern und Gästen ergeben. Ein möglicher Weg, um Segregation zu vermeiden, ist daher die aktive Förderung von Gastgeber-Gast-Interaktionen, z.B. durch Anreize zur Verbesserung der kulturellen Anpassung von Gästen und Gastgebern (Senkung des Faktors in unserem Modell), durch die Sicherstellung, dass lokale Gemeinschaften nicht von Neuankömmlingen überwältigt werden (Senkung des lokalen Gäste-Gastgeber-Verhältnisses  $N_g/N_h$ ), durch die Bevorzugung von Gästen, die gewünschte Fähigkeiten mitbringen, oder durch die Unterstützung beim Erwerb dieser Fähigkeiten (Erhöhung der Amplitude  $A_{ij}$ ).

Beachten Sie, dass kulturelle Anpassung nicht zwangsläufig bedeutet, dass beide Seiten ihre Identität aufgeben müssen, sondern dass zur Förderung der Integration die verschiedenen Gruppen einander akzeptieren und versuchen müssen, eine Beziehung aufzubauen und ihre Unterschiede zu überbrücken. Dies ist natürlich die langfristige Herausforderung für die Zukunft. Für weitere Details verweisen wir den interessierten Leser auf Y.-L. Chuang, T. Chou, M.R. D'Orsogna, A network model of immigration: Enclave formation vs. cultural integration, *Networks & Heterogeneous Media* 14(1) (2019), 53-77. DOI: 10.3934/nhm.2019004