

Masterarbeit

# Not all those who wander are lost

Dynamiken bei der Interessensentwicklung in Online Communities

Oliver Baumann





**Wissenschaftliche Arbeit**  
**zur**  
**Erlangung des Grades**  
**Master of Science Informatik**

# Not all those who wander are lost

Dynamiken bei der Interessensentwicklung in Online Communities

Verfasser:	Oliver Baumann Paulanerplatz 1 81669 München baumanno@cip.ifi.lmu.de
Betreuer:	Dr. Mirco Schönfeld
Verantw. Hochschullehrer:	Prof. Jürgen Pfeffer Professur for Computational Social Science and Big Data
Abgabetermin:	07.12.2018





## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt, alle Zitate als solche kenntlich gemacht sowie alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben habe.

.....

München, 7. Dezember 2018



## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit reiht sich in die Forschungsliteratur zu Online Communities, sozialer Netzwerkanalyse und medialer Inhaltsanalyse ein. Sie nutzt einen frei verfügbaren Datensatz mit Kommunikationsdaten des Online Social Network (OSN) *Reddit*, um das Interaktionsverhalten von Nutzern dieser Plattform zu untersuchen. Auf Reddit haben Nutzer die Möglichkeit, Beiträge zu erstellen, zu bewerten und gegenseitig zu kommentieren. Zudem können sie selbst eigene Communities gründen, sogenannte *Subreddits*, was zu einer hohen Vielfalt an Themen führt, zu denen sie diskutieren und sich austauschen können. Im Kern wird der Frage nachgegangen, ob das persönliche soziale Netzwerk eines Nutzers Einfluss darauf hat, wofür sich der Nutzer interessiert. Dazu wird mittels Latent Dirichlet Allocation ein statistisches Topic-Modell von Subreddits erstellt, das es ermöglicht, thematisch ähnliche Subreddits zusammenzufassen. Zudem werden anhand von Nutzerkommentaren auf Reddit Interaktionsgraphen erstellt, die abbilden, wer mit wem kommuniziert. Diese Interaktionsgraphen werden in einer Fallstudie mit Methoden der sozialen Netzwerkanalyse untersucht, um die zugrunde liegenden Strukturen besser verstehen zu können bzw. wie diese Netzwerkstrukturen mit dem Kommunikationsverhalten der Nutzer zusammenhängen. Die Topic-Modelle stellen sich größtenteils als trennscharf heraus und bilden Themen ab, die man auf einem OSN wie Reddit erwartet. Auch die Ergebnisse der sozialen Netzwerkanalyse stehen in Einklang mit dem, was vorherige Forschungsarbeiten festgestellt haben. Zu klären bleibt die Frage nach der Güte des verwendeten Topic-Modells, welches das zentrale Element der Arbeit darstellt. Ebenfalls zu leisten bleibt eine Untersuchung, welche die hier verwendeten Ideen und Methoden auf eine breite Nutzerbasis überträgt.





## Abstract

We relate in parts to previous work on social network analysis and statistical language- and content-modelling. To this end, we utilise a freely available dataset containing communication data collected from the online social network (OSN) *Reddit* in order to analyse users' patterns of interaction. Reddit facilitates creation of user content, and ranking and commenting thereof. Furthermore, users are empowered to create their own communities or *subreddits* in order to allow even further particularisation of interest. We mainly ask what effect a user's immediate social network has on their interests and style of interaction. Latent Dirichlet Allocation is used to build a topic model of subreddits, which enables us to summarise thematically similar subreddits. Further, we collect comment threads on Reddit to connect users that communicate via comments into an interaction graph. These interaction graphs can be made sense of with the tools and concepts of social network analysis to discover their structure. A case study is conducted on three users to show the connection of these two approaches, the content- and the network-analytical. The statistical topic models turn out to capture distinct topics that one would expect on an OSN such as Reddit. Similarly, the results from conducting network analysis on users' interaction graphs confirms existing ideas in the literature. However, validation of the topic model used in this work remains an open and important task. Finally, conducting research using the ideas proposed here on a large-scale userbase is desirable in order to make sense of the complex structure of online, and essentially human social networks.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und verwandte Forschung</b>	<b>5</b>
2.1	Reddit . . . . .	5
2.2	Topic-Modelle . . . . .	7
2.3	Soziale Netzwerkanalyse . . . . .	9
2.4	Verwandte Arbeiten . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Methodik</b>	<b>17</b>
3.1	Datensatz . . . . .	17
3.2	Stichprobe von Nutzern . . . . .	19
3.3	Topic-Modelle . . . . .	21
3.4	Interaktionsgraphen aus Kommentaren . . . . .	22
3.5	Verwendete Software . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Datenanalyse</b>	<b>24</b>
4.1	Topic-Analyse . . . . .	24
4.2	Fallstudie . . . . .	26
4.2.1	monocasa . . . . .	26
4.2.2	cavedave . . . . .	35
4.3	Diskussion . . . . .	45
4.3.1	Topic-Model . . . . .	45
4.3.2	Interaktionsgraphen . . . . .	46
4.3.3	Ausblick . . . . .	48
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>51</b>
<b>A</b>	<b>Tabellen</b>	<b>53</b>
<b>B</b>	<b>Wort-Topic-Verteilungen</b>	<b>54</b>
<b>C</b>	<b>Inhalt der CD</b>	<b>57</b>
	<b>Referenzen</b>	<b>59</b>



# 1 Einleitung

*The world is a thing of utter inordinate complexity and richness and strangeness that is absolutely awesome.*

---

DOUGLAS ADAMS

Diese Antwort gab der Schriftsteller seinem Freund Richard Dawkins auf die Frage, was an der Wissenschaft sein Blut so richtig in Wallung bringe [10, S. 170]. Diese Trias – komplex, reichhaltig, seltsam – aufzubrechen, haben sich die verschiedenen wissenschaftlichen Fakultäten zum Ziel gemacht. Wissenschaft versucht, mit den ihr zur Verfügung stehenden Mitteln die komplexen Verhältnisse zu simplifizieren, zu entwirren; die reichhaltigen ausdünnen, auf das Wesentliche zu destillieren; und die seltsamen zu verstehen und ihnen Sinn zu geben.

Dies trifft auch auf die Soziologie zu, die das Handeln des Individuums in einem sozialen Kontext verstehen möchte. Eine solcher sozialer Kontext kann verschiedene Formen annehmen; man denke an die vielen Arten sozialer Gruppen, in denen wir uns bewegen: Familie, Freundeskreis, Arbeitskollegen, aber auch religiöse Gruppen, Vereine, oder schlicht „Interessengemeinschaften“. Als „soziales Handeln“ können dabei alle Akte des Einzelnen angesehen werden, die willentlich geschehen und sich am Handeln anderer orientiert [vgl. 12]. Betrachtet man soziale Handlungen in einer Gruppe, also die Aktion des Einen und die mögliche Reaktion der Anderen, lässt sich daraus ein Geflecht an zwischenmenschlichen Beziehungen ableiten.

Beziehungen lassen sich soziologisch erforschen, beispielsweise hinsichtlich ihrer Quantität und Qualität. Zu den Methoden qualitativer Forschung zählen etwa Fragebögen, Leitfadeninterviews oder Gruppendiskussionen, bzw. allgemein Ansätze, in denen Menschen Auskunft über ihr Handeln oder das anderer geben.

Anders verhält es sich mit quantitativen Fragestellungen. Sie versuchen, Phänomene zu erfassen und zu erklären, die numerisch messbar sind und sich mit statistischen Methoden untersuchen lassen. Die Beobachtung richtet sich sozusagen „von außen“ auf soziale Situationen, ohne auf Kenntnis interner Prozesse angewiesen zu sein.

Ein wichtiges Werkzeug quantitativer Sozialforschung stellt die soziale Netzwerkanalyse dar. Hier werden Beziehungsgeflechte zwischen Personen als Netzwerke mit Knoten und Kanten gesehen. Ein Knoten stellt dabei meist einen *Akteur* dar, eine Kante zwischen Akteuren kennzeichnet eine Beziehung beliebiger Art. Wählt man als Knoten etwa die Mitglieder eines Freundeskreises können Kanten eine „kennt“-Beziehung darstellen. Die Modellierung sozialer Beziehungen als Netzwerk ermöglicht es, diese mit den Methoden der Graphentheorie, einem Teilgebiet der Mathematik, zu analysieren. Um ein solches Netzwerk zu konstruieren, können qualitativ erhobene Daten herangezogen werden, etwa Antworten auf die Frage „Mit wem haben Sie in der vergangenen Woche telefoniert?“. Sammelt man die Antworten aller Befragten, erhält man neben einem Ausschnitt des Telefonnetzes auch Auskunft darüber, welche Personen sich untereinander kennen.

Seit dem Aufstieg partizipativer Online Communities wie Facebook, Twitter und Reddit

findet soziales Handeln jedoch nicht mehr ausschließlich in der physischen Welt statt. Auch in der virtuellen Sphäre vernetzen sich Menschen, kommunizieren, interagieren und tauschen Informationen aus. Das bereits angesprochene Geflecht an Beziehungen, das soziale Netzwerk, geht auf in einem „Online Social Network“. Und ebenso wie die klassische Soziologie eher kleinere Konstellationen mit oft wenigen hundert Akteuren untersucht, lassen sich diese Strukturen qualitativ und quantitativ analysieren, nun jedoch auf einer globalen Ebene. Denn im Unterschied zu Handlungen in der realen Welt sind Mitglieder virtueller Gemeinschaften in ihren Handlungen zeitlich und räumlich unabhängig. Zudem wird außer einem Internetzugang und einem Benutzerkonto nichts weiter benötigt, um Zugang zu diesen Online Communities zu erhalten; reale Treffen zum gegenseitigen Kennenlernen können entfallen. Diese niedrige Beitrittschürde sowie die ubiquitäre Nutzung des Internets ermöglichen soziales Handeln mit einer Bandbreite und Geschwindigkeit, die in der realen Welt nur schwer zu erreichen wären. Die Daten, die bei dieser Form der Onlinekommunikation generiert werden, sind oft so zahlreich und reichhaltig, dass eine maschinelle Auswertung unumgänglich ist. Das Gebiet der *Computational Social Science* nutzt daher computergestützte Methoden, um sozialwissenschaftliche Problemstellungen zu behandeln, und erweitert damit die Möglichkeiten klassischer soziologischer Forschung im Zeitalter von „Big Data“.

Auch die vorliegende Arbeit thematisiert eine im Kern soziologische Fragestellung indem sie die Frage aufwirft, welchen Einfluss Interessen und soziale Kontakte der Nutzer von Online Communities aufeinander ausüben. Damit folgt sie sowohl medien- als auch netzwerkanalytischen Ansätzen um zu klären, zu welchen Themen Inhalte verfasst werden und welche strukturellen Merkmale die sozialen Beziehungen prägen, die Nutzer on Online Social Networks (OSN) untereinander aufbauen. Als soziales Feld für diese Untersuchung wählt sie die Plattform „Reddit“, deren Nutzer in thematisch eigenständigen Untergruppen, sogenannten „Subreddits“, Inhalte erstellen und kommentieren. In einem ersten Schritt werden diese Subreddits über ein computergeneriertes Topic-Modell jeweils einem Themenkomplex zugeordnet. Für alle von einem Nutzer erstellten Kommentare lässt sich daraus eine Themenhistorie ableiten, die zeigt, für welche Themen er sich im Verlauf der Zeit interessiert. Weiterhin werden aus Reddit-Kommentaren Interaktionsgraphen abgeleitet, die einen Blick auf die sozialen Onlinekontakte eines Nutzers ermöglichen. Die Verknüpfung dieser beiden Betrachtungen findet schließlich Anwendung in einer Fallstudie zweier Nutzer, die über einen langen Zeitraum auf Reddit aktiv sind.

Diesen einleitenden Worten folgt in Kapitel 2 eine Erläuterung der grundlegenden Konzepte und Verfahren. Hier wird die Plattform Reddit vorgestellt, die Idee der Topic-Analyse sowie das verwendete Verfahren „Latent Dirichlet Allocation“ (*LDA*) detailliert besprochen und eine Übersicht über die Methoden der sozialen Netzwerkanalyse, die in dieser Arbeit Anwendung finden, geboten. Das Kapitel schließt mit einer Einordnung der Arbeit in die bestehende Forschung zu sozialen Netzwerken und medialer Inhaltsanalyse.

Kapitel 3 erläutert das methodische Vorgehen. Es beginnt mit einer kritischen Betrachtung des verwendeten Datensatzes und legt Kriterien für die Ziehung einer Stichprobe von

Nutzern dar. Ebenfalls diesem Kapitel zu entnehmen ist Methodik der Aufbereitung der Daten für Topic- bzw. Netzwerkanalyse.

In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Datenanalyse präsentiert. Zunächst wird das Topic-Modell kritisch vorgestellt und interpretiert. Anschließend folgen die individuellen Analysen der für die Fallstudie ausgewählten Nutzer. Eine Diskussion der Ergebnisse rundet diesen Teil ab, bevor Kapitel 5 mit einem Ausblick auf mögliche weitere Forschungsarbeit schließt.





## 2 Grundlagen und verwandte Forschung

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der Arbeit dargelegt. Zuerst werden Prinzip und Aufbau der Social-Media-Plattform Reddit sowie ihre Relevanz für soziologische Forschungsvorhaben erläutert. Daran reiht sich eine Einführung in die Methoden des Topic-Modelling, mit besonderem Schwerpunkt auf dem in dieser Arbeit verwendeten Verfahren „Latent Dirichlet Allocation“ (LDA). Der Abschnitt zur sozialen Netzwerkanalyse legt die Ursprünge dieser Disziplin dar und erklärt die wichtigsten Begriffe und Verfahren, mit einem Fokus auf für diese Arbeit relevante Verfahren und Maße. Das Kapitel schließt mit einer Betrachtung des gegenwärtigen Forschungsstands zu sozialen (Online-)Netzwerken, Medien- und Inhaltsanalyse sowie sozialer Netzwerkanalyse.

### 2.1 Reddit

Die 2005 von Steve Huffman und Alexis Ohanian gegründete Plattform Reddit ist ein Social-News-Aggregator und bezeichnet sich selbst als „front page of the internet“<sup>1</sup>.

**Submissions** Auf Reddit haben Nutzer, auch *Redditors* genannt, die Möglichkeit, Beiträge zu erstellen, zu bewerten und zu kommentieren. Bei diesen sogenannten Submissions handelt es sich entweder um Links zu anderen Webseiten oder um *self posts* – von Nutzern erstellte Bilder, Videos oder Texte. Indem sie mittels Up- bzw. Downvotes abstimmen, nehmen Nutzer Einfluss auf Sichtbarkeit und Sortierung der Inhalte; höher bewertete Beiträge landen weiter oben. Auf der Startseite werden Submissions angezeigt, die innerhalb kurzer Zeit sehr populär geworden sind. Dadurch kann es vorkommen, dass Trends und Nachrichten zuerst auf Reddit zu sehen sind, bevor andere Portale oder Medien diese aufgreifen.

**Karma** Verfasser von Links und Kommentaren erhalten für Upvotes ihrer Beiträge virtuelle Punkte, sogenanntes „Karma“; Downvotes ziehen Karmapunkte ab. Karma wirkt wie ein Korrektiv gegen schlechtes Verhalten bzw. Inhalte, zumal sie im Profil eines Nutzers auch für andere einsehbar sind. Dadurch ist schnell ersichtlich, wer populäre und von der Community akzeptierte Inhalte erstellt.

**Subreddits** Jeder Beitrag, egal ob Link oder Self-Post, wird vom Autor einem Subreddit zugeordnet. Subreddits bilden thematisch eigenständige Communities innerhalb von Reddit und zeichnen sich durch eigene Community-Richtlinien sowie charakteristisches Vokabular aus. Ein expliziter Beitritt zu einer Community ist meist nicht nötig; es existieren allerdings durchaus private Subreddits, die nur ihren Mitgliedern zugänglich sind. Inhalte öffentlicher Subreddits können jedoch ohne Einschränkung abonniert werden, woraufhin sie im persönlichen Feed des Nutzers auftauchen. Nutzer können selbst Subreddits erstellen und dadurch Themenkomplexe beliebig aufspalten und untergliedern. Dies hat zur Folge, dass sich breite Themengebiete wie etwa Politik und Gesellschaft, Technik oder Wissenschaft

---

<sup>1</sup><https://www.reddit.com/>

auf mehrere Subreddits verteilen, die sich trotz eines gemeinsamen thematischen Überbaus in der konkreten Schwerpunktsetzung unterscheiden. Beispielsweise existieren neben dem Subreddit `/r/technology` auch `/r/microsoft`, `/r/windows`, `/r/windowsxp` und `/r/windows10`, aber ebenso `/r/linux` oder `/r/android`. Eine beliebte Feststellung unter Nutzern ist, dass es ein Subreddit für beinahe alles gibt.<sup>2</sup> Reddit selbst gibt die Zahl „aktiver“ Communities im November 2018 mit über 138.000 an<sup>3</sup>, allerdings ist nicht ersichtlich, welche Definition von Aktivität hier Anwendung findet. Andere Seiten zählen für Januar 2018 insgesamt über eine Million Subreddits<sup>4</sup>.

**Kommentare** Innerhalb dieser thematisch eigenständigen Gemeinschaften findet die Interaktion zwischen Nutzern in Form von Kommentaren zu Beiträgen statt. Diese Kommentare können sich entweder direkt auf den Link oder Post beziehen, oder Reaktionen auf andere Kommentare darstellen. Dadurch bildet sich eine hierarchische Baumstruktur aus, wie sie etwa auch in Mailinglisten oder Bulletin Boards anzutreffen ist. Im Gegensatz zu Diensten wie Facebook, Twitter und Instagram, ist es auf Reddit Nutzern nicht möglich, sich explizit zu vernetzen.

**Reddit-API** Für Softwareentwickler wie auch für die Wissenschaft von Bedeutung ist zudem die frei zugängliche Reddit-API, eine Softwareschnittstelle, über die u.a. Submissions, Kommentare und Subreddits abgerufen werden können. Auf diese Schnittstelle kann beispielsweise über den Browser oder mit Software zugegriffen werden, ein Umstand, den sich auch zahlreiche *Bots* zunutze machen. Bots sind Computerprogramme, die automatisiert Inhalte erstellen, oft als Reaktion auf das Verhalten anderer Nutzer. Beispielsweise können auf Reddit mit dem „RemindMeBot“<sup>5</sup> zeitgesteuerte Nachrichten erstellt werden, um an einen interessanten Kommentar oder Post zu erinnern.

**Kontext der Arbeit** Diese Arbeit analysiert die thematische Affinität von Nutzern, allerdings nicht auf Ebene der Subreddits, sondern des übergeordneten Themenkomplexes im obigen Beispiel also etwa „Technologie“. Diese Themenkomplexe werden ihrerseits als Communities angesehen, in der Nutzer mit ähnlichen Interessen aktiv sind. Dabei soll der Frage nachgegangen werden, ob und wie sich Interesse auf unterschiedliche Gemeinschaften verteilt.

Zudem wird mittels aller Kommentare, die ein Nutzer verfasst und die an ihn gerichtet sind, ein soziales Netzwerk seiner Kontakte generiert. Für diese Kontakte lässt sich ebenso die individuelle Affinität zu einem Thema bestimmen, sodass auch für das Netzwerk eine Verteilung von Themen vorliegt. Daraus wird ersichtlich, ob ein Nutzer eher ähnlich interessierte Kontakte wählt, oder ob sich sein Netzwerk „bunt“ zusammensetzt. Es wird sozusagen ein Licht durch die Themenhistorie des Nutzers hindurch auf das zugrunde

---

<sup>2</sup> „there is a subreddit for almost everything“, ein Umstand, der faszinierend genug ist, um ihm ein eigenes Subreddit zu widmen: `/r/wowthissubexists` sammelt exotische Subreddits.

<sup>3</sup><https://www.redditinc.com/>

<sup>4</sup><http://redditmetrics.com/history/month>

<sup>5</sup><https://www.reddit.com/r/RemindMeBot>

liegende soziale Netzwerk geworfen, um deren gegenseitigen Einfluss sichtbar zu machen.

## 2.2 Topic-Modelle

Um die im vorangegangenen Abschnitt angesprochenen Themenhistorien der Nutzer zu erzeugen, werden Topic-Modelle eingesetzt. Dabei handelt es sich um statistische Modelle, die es ermöglichen, thematische Assoziationen von Texten aufzudecken, ohne eine Inhaltsanalyse „von Hand“ durchführen zu müssen. Damit lassen sich vor allem große Datenmengen strukturieren, einordnen und erschließen. Zu beachten ist vor allem, dass die Verfahren kein Vorwissen über die zugrunde liegende Themenstruktur besitzen, sondern diese als Teil des Prozesses selbst entdecken.

**Text as data** Topic-Modelling ist einer Reihe von Verfahren zuzuordnen, die Text als Daten auffassen, auf denen sich wie auf numerischen Daten Berechnungen ausführen und Modelle erzeugen lassen; an den Begriff des *Data-Mining* angelehnt findet sich auch die Bezeichnung *Text-Mining*, da aus textuellen Inhalten Erkenntnisse gewonnen werden, die aufgrund der schieren Größe oder Komplexität erst aus dem Datensatz „herausgeschürft“ werden müssen. Im Kontext des Text-Mining bezeichnet man die Untersuchungseinheit eines Texts häufig als *Dokument*, Datensätze stellen Sammlungen dieser Dokumente dar; als Dokumente kommen etwa Kapitel eines Buches, Artikel einer Zeitung oder Tweets eines Twitter-Nutzers in Frage. Ein Beispiel für solche Text-Mining-Verfahren ist *tf-idf* [23, S. 63], das eine Gewichtung der Wörter in einer Sammlung von Dokumenten bestimmt; Wörter mit hoher relativer Häufigkeit erhalten hohes Gewicht. Hierbei wird jedes Vorkommen eines Begriffs innerhalb eines Dokuments gezählt (*term frequency*). Die Anzahl an Dokumenten dividiert durch die Zahl der Dokumenten, welche diesen Begriff enthalten, gibt die *inverse document frequency*. Das Produkt dieser beiden Größen ergibt eine Gewichtung dieses Wortes innerhalb des Korpus. Dabei wird Begriffen, die in nur wenigen Dokumenten häufig vorkommen, ein höheres Gewicht beigemessen; damit werden insbesondere Funktionswörter wie Artikel und Konjunktionen bestraft, die wenig Informationsgehalt besitzen. Diese Gewichtung von Begriffen zeigt an, welche Worte innerhalb eines Dokuments Bedeutung tragen.

**Mixed membership-Modelle** Gewichtende Verfahren wie *tf-idf* ermöglichen zwar eine erste grobe Einschätzung zum Thema eines Dokuments, allerdings bilden sie menschliches Verständnis von Themenstrukturen eher schlecht ab. Es kommt selten vor, dass ein Dokument, bspw. ein Zeitungsartikel, ausschließlich ein Thema zum Gegenstand hat und sich dieses ausschließlich über die numerische Rangfolge charakteristischer Schlagworte definieren lässt. Meist entsprechen Dokumente eher einer Zusammensetzung verschiedener Themenkomplexe; so handelt der Zeitungsartikel möglicherweise zu je verschiedenen Anteilen von Wirtschaft und Politik. Diesem Umstand tragen *mixed membership*-Modelle Rechnung, indem sie statt eines einzelnen Themas zulassen, dass ein Dokument in mehreren Themenkomplexen enthalten ist.

Zu beachten ist, dass diese Verfahren keineswegs auf textuelle Daten beschränkt sind und

auch in anderen Gebieten Anwendung finden, wie etwa der Genetik oder Computergrafik [4].

**Latent Dirichlet Allocation (LDA)** Auch LDA [5] zählt zur Klasse der *mixed membership*-Modelle. Bei diesem Verfahren wird angenommen, dass ein probabilistischer Prozess Dokumente erzeugt, der „geheimes“ Wissen über die Struktur der Inhalte besitzt. Kehrt man den Prozess um, lässt dies Rückschlüsse auf diese versteckten Strukturen zu.

Die Grundidee dieses Verfahrens ist, dass Dokumente aus mehreren *Topics* zusammengesetzt sind. Die Topics sind *a priori* bekannt und stellen Wahrscheinlichkeitsverteilungen über einem festen Vokabular an Wörtern dar. Ein Topic enthält zu unterschiedlichen Anteilen Wörter eines Vokabulars, ein Dokument setzt sich aus einer Verteilung von Topics zusammen. Diese beiden Wahrscheinlichkeitsverteilungen liegen im Sinne der LDA als latente („versteckte“) Variablen einem generativen Prozess zugrunde, der die Dokumente erzeugt.

Beispielsweise könnte ein Topic „Haustiere“ aus den Wörtern „Hund, Katze, Maus“ bestehen, ein Topic „Computer“ aus den Wörtern „Monitor, Maus, Tastatur“; dies ist die *Topic-Wort-Verteilung*. Für jedes zu erzeugende Dokument wählt der postulierte Prozess zufällig eine Verteilung über diese Topics, bspw. 10% „Computer“ und 90% „Haustiere“; dies ist die *Dokument-Topic-Verteilung*. Für jedes zu erzeugende Wort eines Dokuments zieht der Prozess zufällig ein Topic aus der Dokument-Topic-Verteilung; damit ist das Topic dieses Wortes festgelegt, etwa „Haustiere“. Um schließlich ein konkretes Wort zu erzeugen, wird aus der Topic-Wort-Verteilung „Haustiere“ ein Wort gezogen, etwa „Hund“.

Damit lässt sich die Erzeugung eines Dokuments auch als gemeinsame Wahrscheinlichkeitsverteilung über den sichtbaren und versteckten Variablen auffassen [4]. Formal sei dazu  $D$  die Anzahl an Dokumenten  $d_{1:D}$  eines Korpus und  $N$  die Anzahl an Wörtern  $w_{1:N}$  eines Dokuments,  $w_{d,n}$  bezeichne dabei das  $n$ te Wort in Dokument  $d$ . Weiter seien  $\beta_{1:K}$  die Verteilungen über Wörter für die  $K$  Topics, aus denen Dokumente zusammengesetzt sind; auf die Bedeutung von  $K$  wird im Folgenden noch eingegangen werden. Für jedes Dokument  $d$  bezeichne  $\theta_d$  die Verteilung der einzelnen Topics und  $z_{d,n}$  die Topic-Zuordnung eines Wortes  $n$  in Dokument  $d$ . Das konkrete und zu beobachtende Wort schließlich bezeichne  $w_{d,n}$ . Die Dokument-Topic-Verteilung  $\theta_d$  wird aus einer Dirichlet-Verteilung gezogen, einer „Verteilung von Verteilungen“, woraus sich auch der Name des Verfahrens herleitet.

Die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsverteilung des Modells ist damit gegeben durch (vgl. [4])

$$p(\beta, \theta, z, w) = \prod_{i=1}^K p(\beta_i) \prod_{d=1}^D p(\theta_d) \left( \prod_{n=1}^N p(z_{d,n} | \theta_d) p(w_{d,n} | \beta_{1:K}, z_{d,n}) \right). \quad (1)$$

Zu beachten ist, dass die Zuordnung  $z_{d,n}$  von der dokumentspezifischen Verteilung  $\theta_d$  abhängt, ebenso wie die Wortinstanzen  $w_{d,n}$  von der Topic-Zuordnung  $z_{d,n}$  und allen Topic-Verteilungen  $\beta_{1:K}$  abhängen.

Um nun für einen gegebenen Korpus an Dokumenten die ihm zugrunde liegende, latente

Topic-Struktur zu bestimmen, wird dieser Prozess sozusagen umgekehrt, indem man die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsverteilung (1) auf die beobachteten Wortinstanzen konditioniert. Diese A-posteriori-Verteilung ist gegeben durch

$$p(\beta, \theta, z|w) = \frac{p(\beta_{1:K}, \theta_{1:D}, z_{1:D}, w_{1:D})}{p(w_{1:D})}. \quad (2)$$

und folgt aus der Definition der bedingten Wahrscheinlichkeit<sup>6</sup>.

Die Wahrscheinlichkeit  $p(w_{1:D})$  im Nenner in (2) lässt sich zwar prinzipiell berechnen, indem für alle möglichen Topic-Verteilungen die bedingte Wahrscheinlichkeit (1) summiert wird; allerdings ist die Zahl der möglichen Topic-Besetzungen zu hoch, um diese Berechnung durchzuführen. In der Praxis wird daher die A-posteriori-Verteilung abgeschätzt, etwa mittels probabilistischer Monte-Carlo-Verfahren [16].

Hervorzuheben ist, dass das Modell zu keinem Zeitpunkt zusätzliches Wissen über Struktur oder Inhalt der Topics besitzt. Wie bereits angesprochen wird einzig die Anzahl der Topics  $K$  dem Modell zugeführt. Dieser Parameter hat häufig Auswirkungen auf die Güte eines Modells und kann für einen Satz an Dokumenten experimentell einem Optimum angenähert werden (s. hierzu auch 2.4).

**Kontext der Arbeit** Topic-Modelle, wie sie etwa mit LDA berechnet werden können, besitzen nicht absolute Gültigkeit. Sie können vielmehr dabei helfen, einen Satz an Dokumenten zu strukturieren und für weitere Betrachtungen vorzubereiten, indem die den Dokumenten intrinsischen Topic-Strukturen aufgedeckt werden. In weiteren Betrachtungen lassen sich dann etwa Ähnlichkeiten zwischen Dokumenten feststellen oder Klassifizierungen vornehmen. Auch die vorliegende Arbeit nutzt LDA als Vorstufe zu einer thematischen Klassifizierung von Subreddits. Jedes Subreddit wird als Dokument aufgefasst, indem die Titel der Beiträge konkateniert werden. Auf diesen Dokumenten wird ein Topic-Modell mit 256 Topics erstellt und im Anschluss jedes Subreddit auf das Topic mit der höchsten Wahrscheinlichkeit reduziert. Die gefundenen Topics bilden damit den thematischen Überbau der ihnen zugewiesenen Subreddits. Daraus lassen sich die Themenverläufe der Nutzer bestimmen. Diese Gruppierung einzelner Subreddits zu einer größeren Einheit erlaubt es, Nutzerinteressen über die vergleichsweise harten Subreddit-Grenzen hinweg zu betrachten. Bewegt sich ein Redditor in zwei einander thematisch verwandten Subreddits, etwa /r/android und /r/linux, betrachtet diese Arbeit diese als gemeinsame Einheit.

## 2.3 Soziale Netzwerkanalyse

Neben der Topic-Analyse stellt die Untersuchung der Interaktionen zwischen Nutzern eines Online Social Networks (OSN) die zweite Säule dieser Arbeit dar. Diese Interaktionen lassen sich mit Methoden der sozialen Netzwerkanalyse (SNA) untersuchen.

---

<sup>6</sup> $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$

Im Gegensatz zu traditionellen Ansätzen soziologischer Forschung betrachtet die SNA nicht das Individuum „für sich“ sondern Zusammenschlüsse mehrerer Individuen. Insbesondere geht sie davon aus, dass *Akteure* Beziehungen zueinander aufbauen, und dass dieses Beziehungsgeflecht strukturelle Eigenschaften aufweist, die sich analysieren lassen. „Sozial“ werden diese Beziehungen dadurch, dass als Akteure Individuen oder deren Zusammenschluss in Form von Gruppen und Organisationen in Frage kommen. Ein soziales Netzwerk beschreibt also eine endliche Zahl an Akteuren sowie deren Beziehungen zueinander. Das Ziel dieser Sichtweise besteht darin, Eigenschaften der soziostrukturellen Umwelt zu verstehen und wie diese mit Merkmalen auf Akteursebene interagieren. Sie bietet damit eine Alternative zu traditionellen Ansätzen, die das Individuum als einzelne, unabhängige Einheit betrachten.

Die Darstellung solcher Akteur-Netzwerke kann auf verschiedene Weise erfolgen. Eine seit den Anfängen soziometrischer Forschung verbreitete Form stellt die Soziomatrix dar, in der die Zeilen und Spalten einer Matrix auf Akteure verweisen (vgl. [26, S. 70]); der Wert in Zeile  $i$  und Spalte  $j$  zeigt an, ob Zwischen Akteuren  $i$  und  $j$  eine Verbindung besteht oder nicht, bzw. wie viele Verbindungen bekannt sind wenn nicht nur binäre Beziehungen (vorhanden/nicht vorhanden) codiert werden. Diese Darstellungsform entspricht damit der Adjazenzmatrix eines Graphen, die wiederum auf dem mathematischen Teilgebiet der Graphentheorie genutzt wird.

Die Darstellung sozialer Beziehungen als Graph stellt indes eine weitere Form der Modellierung sozialer Netzwerke dar.

**Graphen** Bei einer Darstellung in Form eines Graphen werden Akteure als Knoten und Beziehungen zwischen ihnen als Kanten aufgefasst; mittels Adjazenzlisten bzw. -matrizen lassen sich diese Graphen kompakt darstellen. Die Graphentheorie bietet nicht nur eine adäquate Darstellung der Idee von untereinander verbundenen Akteuren; sie stellt auch Konzepte bereit, um die Eigenschaften sozialer Netzwerke untersuchen und beschreiben zu können. Graphen lassen sich formal als die endliche, nicht-leere Menge von Knoten  $V$  beschreiben, welche über Kanten aus der Menge  $E \subseteq V \times V$  aller geordneten Knotenpaare miteinander verbunden sind. Da  $E$  geordnete Paare von Knoten  $(u, v) \in V$  enthält, spricht man von einer gerichteten Kante von  $u$  nach  $v$ ; ferner ist  $E$  eine Multimenge, enthält also Paare von Knoten mehrfach (vgl. [7]). Durch die Darstellung als gerichteter Multigraph lassen sich nicht nur gerichtete Graphen mit Mehrfachkanten realisieren, auch ungerichtete Graphen lassen sich auf diese Weise darstellen, indem zwei einander entgegengesetzte gerichtete Kanten zu einer zusammengefasst werden.

**Grad von Knoten** Sind zwei Knoten über eine oder mehrere Kanten miteinander verbunden, sind sie „Nachbarn“; die Zahl der Nachbarn eines Knotens bezeichnet man als dessen Grad. Knoten  $v$  in einem gerichteten Graphen besitzen einen Ausgangsgrad  $d^+(v)$ , der die Anzahl ausgehender Kanten  $(v, w) \in E$  angibt, sowie einen Eingangsgrad  $d^-(v)$ , der der Zahl eingehender Kanten  $(v, w) \in E$  entspricht (vgl. [7]); der Grad eines Knotens entspricht der Summe aus Eingangs- und Ausgangsgrad. Der Grad eines Knotens gibt im

Kontext sozialer Netzwerke Aufschluss über die Zahl der Beziehungen, die ein Akteur zu anderen ausbildet, und kann daher als Maß für die Aktivität des Akteurs gesehen werden (vgl. [26] S.100). In dieser Arbeit werden Betrachtungen des Knotengrads angestellt, um festzustellen, wie aktiv ein Nutzer sich mit anderen in derselben Community austauscht.

**Egozentrische Netzwerke** Wird anstatt das Netzwerk *in toto* zu betrachten die Sichtweise eines einzelnen Akteurs eingenommen, spricht man von egozentrischen oder einfach Ego-Netzwerken. Diese bestehen aus einem zentralen Knoten *Ego*, dessen Nachbarn oder *Alteri*, sowie den Beziehungen der Alteri untereinander. Solche Strukturen, deren Sicht sich auf einen Ausschnitt um einen Akteur beschränkt, werden auch als „lokale“ bzw. „persönliche Netzwerke“ bezeichnet, da ihre Sicht lokal beschränkt und stark auf die Person des Ego ausgerichtet ist. In dieser Arbeit werden Ego-Netzwerke genutzt, um Interaktionsgraphen eines Nutzers zu erstellen. Der betrachtete Nutzer nimmt hier die Person des Ego ein, die Alteri sind alle weiteren Nutzer, mit denen er auf Reddit in Form von Kommentaren kommuniziert hat. Diese Kommunikation kann einseitig von Ego oder den Alteri ausgehen, sie kann aber auch vom jeweils anderen erwidert werden; ebenso sind diese Kommunikationsakte nicht in ihrer Anzahl beschränkt, weshalb Kanten im Graph des Ego-Netzwerks als gerichtete Multikanten umgesetzt werden. Da zudem einzig die Strukturen von Bedeutung sind, die sich zwischen Ego und Alteri manifestieren, werden die Beziehungen zwischen den Alteri außer Acht gelassen.

**Reziprozität** Strukturen aus zwei Knoten eines Graphen und deren möglichen Verbindungen werden auch als *dyadische* Beziehung bezeichnet. Dyaden kennen drei mögliche Zustände, die durch die Art der Verbindung der beiden Knoten bestimmt sind:

- Null-Dyade: Zwischen den beiden Knoten besteht keine Verbindung,
- Asymmetrische Dyade: Eine einzelne Kante verbindet die beiden Knoten, für Knoten  $u, v$  entweder die Kante  $(u, v)$  oder  $(v, u)$
- Wechselseitige<sup>7</sup> Dyade: Die Verbindung wird von beiden Partnern erwidert, für Knoten  $u, v$  also das **Paar** gerichteter Kanten  $(u, v)$  **und**  $(v, u)$  (bzw. in kompakterer Darstellung auch  $u \leftrightarrow v$ , vgl [26, S. 510])

Die „nächstgrößere“ Struktur, die sich beobachten ließe, stellen *Triaden* dar, also Muster bestehend aus drei Knoten. Für diese Arbeit ist eine solche Betrachtung wenig zielführend, da eine Triade immer Ego als einen Eckpunkt enthalten wird oder die Null-Triade ist (zur Erinnerung: Verbindungen unter den Alteri werden hier nicht berücksichtigt). Aus letzterer Beobachtung lässt sich kein Schluss ziehen, da sie durch das Forschungsdesign bedingt ist; erstere Betrachtung zerfällt immer in die Betrachtung zweier dyadischer Beziehungen, die Ego enthalten.

Von besonderem Interesse ist die Frage, ob Dyaden von Ego und Alteri zu wechselseitigen Beziehungen neigen, oder ob es sich eher um einseitige Verbindungen handelt. Da eine Kante zwischen Nutzern eine Kommunikationshandlung darstellt entsprechen asymmetrische

---

<sup>7</sup>engl. „mutual“

Dyaden Interaktionen, die nicht erwidert werden. Bei wechselseitigen Interaktionen liegt hingegen ein Rede-Gegenrede-Akt vor, die Aktion des einen provoziert eine Reaktion des anderen Partners.

Die Betrachtung dieser Reziprozität von Beziehungen kann Aufschluss geben über die Art von Diskursen im lokalen Netzwerk eines Nutzers. Um die Tendenz wechselseitiger Kanten zu bestimmen, nutzt diese Arbeit ein 1955 von Katz und Powell vorgeschlagenes Maß, einen „index of tendency toward reciprocation“ [18]. Dieser Index  $\rho_{KP}$  lässt sich entweder für ein festes oder ein freies Design bilden („fixed choice“ v. „free choice“), abhängig davon, ob alle Knoten nur eine bestimmte Zahl an Beziehungen ausbilden dürfen, oder ob deren Zahl unbeschränkt ist. Da Reddit-Nutzer in der Wahl ihrer Kommunikationspartner keinen Einschränkungen unterliegen, nutzt diese Arbeit den Index für ein freies Design; für eine Beschreibung des festen Falls sei auf die Literatur verwiesen ([18], [26]).

**Katz-Powell-Index** In Ermangelung einer angemessen prägnanten Übersetzung wird statt der Bezeichnung im ursprünglichen Aufsatz hier die Umschreibung „Katz-Powell-Index“ oder, wo angemessen, schlicht  $\rho_{KP}$  verwendet.

Der Index stellt eine Abschätzung der Wahrscheinlichkeit dar, dass zwei Akteure gegenseitige Kanten ausbilden. Formal lässt sich dies als Wahrscheinlichkeit auffassen, dass eine Kante  $(u, v)$  und deren Gegenstück  $(v, u)$  existieren (vgl. [26], S. 515). Es folgt aus der Definition der bedingten Wahrscheinlichkeit:

$$P(u \rightarrow v \wedge v \rightarrow u) = P(u \rightarrow v)P(v \rightarrow u|u \rightarrow v) \quad (3)$$

Die Idee von Katz und Powell besteht darin, den letzten Term von (3) als gewichtete Summe von Wahrscheinlichkeiten darzustellen. Dazu führen sie einen Faktor  $\rho_{KP}$  ein (vgl. [26]):

$$P(v \rightarrow u|u \rightarrow v) = P(v \rightarrow u) + \rho_{KP}P(v \nrightarrow u) \quad (4)$$

Der Faktor  $\rho_{KP}$  spiegelt also die Tendenz wider, mit der eine gegebene Kante  $(u, v)$  erwidert wird, er bildet einen „index of tendency toward reciprocation“ [18]. Anhand der Formulierung in (4) lassen sich verschiedene Werte für  $\rho_{KP}$  betrachten (vgl. [26]):

- $\rho_{KP} = 0$ : damit gilt automatisch  $P(v \rightarrow u|u \rightarrow v) = P(v \rightarrow u)$ , die bedingte Wahrscheinlichkeit ist gleich der unbedingten, die beiden Ereignisse sind unabhängig; eine Tendenz, Kanten zu erwidern, besteht nicht
- $\rho_{KP} = 1$ : dann gilt wegen der Summe der Wahrscheinlichkeiten für Ereignis und Gegenereignis auch  $P(v \rightarrow u|u \rightarrow v) = 1$ , alle Kanten werden erwidert; gegeben eine Kante  $(u, v)$  wird beobachtet beträgt die Wahrscheinlichkeit 1, dass auch  $(v, u)$  beobachtet wird

Der Index wird immer für ein Netzwerk als ganzes berechnet. Sei dazu  $g$  die Anzahl der



Akteure in diesem Netz. Jeder Akteur kann maximal  $(g - 1)$  Kanten zu anderen ausbilden. Zu beachten ist dabei, dass Multikanten zu einer einzigen Kante zusammengefasst werden. Sei  $x_i$  der Ausgangsgrad eines Knotens  $i$ , dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Knoten  $i, j$  eine gemeinsame Kante ausbilden  $\frac{x_i x_j}{(g-1)^2}$ . Bezeichne  $L$  die Summe aller Ausgangsgrade  $L = \sum x_i$  und  $L_2$  die Summe deren Quadrate  $L_2 = \sum x_i^2$ , und sei  $M$  die Gesamtzahl aller beobachteten wechselseitigen Kanten. Dann lässt sich die Größe  $\rho_{KP}$  abschätzen<sup>8</sup> als

$$\rho_{KP} = \frac{2(g-1)^2 M - L^2 + L_2}{L(g-1)^2 - L^2 + L_2} \quad (5)$$

Die Werte dieses Index bewegen sich in  $-\infty < \rho_{KP} \leq 1$ . Ein Wert von 0 bedeutet, dass keine Tendenz zu wechselseitigen Kanten erkennbar ist; ein Wert von 1 signalisiert maximale Tendenz, alle Kanten werden erwidert. Nimmt der Index negative Werte an, bedeutet dies, dass weniger wechselseitige Dyaden beobachtet wurden als in einem rein dem Zufall unterworfenen Prozess möglich wären; es liegt die gegenteilige Tendenz vor, hin zu asymmetrischen bzw. Null-Dyaden.

Diese Arbeit betrachtet den Katz-Powell-Index lokaler Ego-Netzwerke, um zu beobachten, ob Kommunikationsbeziehungen eher wechselseitig interaktiv, oder einseitig angelegt sind. Dadurch lässt sich beispielsweise untersuchen, ob ein Ego in einem Netz, das mehrheitlich aus Alteri mit den gleichen Interessen wie Ego besteht, dazu neigt, Verbindungen wechselseitig anzulegen als etwa in einem Umfeld, das seine Interessen nicht teilt.

**Longitudinale Untersuchung** Abschließend sei darauf hingewiesen, dass diese Arbeit eine Longitudinalstudie der in diesem Kapitel beschriebenen Maße darstellt. Indem die Veränderung bspw. des Knotengrads über die Zeit betrachtet wird, lässt sich feststellen, ob ein Nutzer eher in seinem Kommunikationsverhalten aktiver wird (Grad nimmt zu), oder ob er dieses eher einschränkt.

## 2.4 Verwandte Arbeiten

Diese Arbeit reiht sich ein in bestehende Forschung zu Online Social Networks, Topic- und Inhaltsanalyse sowie sozialer Netzwerkanalyse. Insbesondere Reddit zieht vermehrt das Interesse der Wissenschaft auf sich. Dies bringt sowohl Untersuchungen zur Struktur der Plattform hervor, als auch Studien zum Nutzungsverhalten.

So untersuchen etwa Singer et al. [24], wie sich die Inhalte verändert haben, die Nutzer auf Reddit erstellen. Sie kommen zu dem Schluss, dass Nutzer vermehrt *self posts* erstellen, anstatt – wie zu den Anfängen der Plattform üblich – Links zu von anderen erstellten Inhalten. Zudem stellen sie eine strukturelle Diversifizierung der Subreddits fest, also eine wachsende Zahl immer neuer Subreddits, eine Entwicklung, die sie als von Nutzern positiv angenommen erachten. Sie vermuten, dass Nutzer von Reddit sich nicht zwingend auf die

---

<sup>8</sup>Eine Herleitung dieser Abschätzung ist nicht trivial und wird hier nicht wiedergegeben, sondern ist [18] zu entnehmen.

populärsten Communities beschränken, sondern ihre Interessen selbst einer Diversifizierung unterziehen. Die vorliegende Arbeit baut auf diesen Erkenntnissen auf, indem sie davon ausgeht, dass Nutzer in Communities aktiv sind, die zwar möglicherweise Partikularinteressen bedienen, sich jedoch durchaus wieder zu größeren Einheiten „zusammensetzen“ lassen; diese Synthese wird hier in Form eines LDA-Topic-Modells geleistet, das auf Inhalten von Subreddits bestimmt wurde.

Auch Hessel et al. [17] nähern sich dem Thema der zunehmenden Zahl an Subreddits und stellen fest, dass manche dieser Communities durch Affixe im Namen thematische Ähnlichkeit kommunizieren. Sie führen hierzu einige Beispiele an, etwa das Affix „ask“ und die Subreddits /r/science und /r/askscience. Für 99 Affixe finden sie 572 Subreddit-Paare, die sich thematisch stark gleichen und eins dieser Affixe im Namen tragen. Für Subreddits, die hauptsächlich Links enthalten, bestimmen sie Ähnlichkeit über die Jaccard-Distanz. Communities, die hauptsächlich Text-Beiträge enthalten, messen sie deren Ähnlichkeit über die Jensen-Shannon-Divergenz der Topic-Verteilungen dieser Beiträge; diese Verteilungen wurden zuvor aus einem Topic-Modell bestimmt. Hessel et al. nutzen den Kommentar-Korpus von Jason Baumgartner. Die vorliegende Arbeit bestimmt ebenfalls Topic-Modelle auf Subreddit-Inhalten, allerdings nicht, um deren Ähnlichkeit zu messen, sondern um mithilfe der gefundenen Topics direkt eine Gruppierung vorzunehmen. Zu klären bleibt, ob die von Hessel et al. identifizierten ähnlichen Subreddits in dieser Arbeit auch im gleichen Topic enthalten sind.

Buntain und Golbeck [8] untersuchen auf Reddit Rollenmuster, die Nutzer in ihrer Kommunikation ausbilden. Insbesondere suchen sie auf Reddit die Rolle der „answer person“, die hauptsächlich Fragen anderer Nutzer beantwortet, und sich eher nicht in eine Diskussionskultur einfügt. Sie konstruieren dazu für bestimmte Subreddits anhand von Kommentaren gewichtete, gerichtete Graphen, die Nutzer miteinander verbinden, wenn sie auf einen Kommentar bzw. Beitrag eines anderen selbst einen Kommentar verfassen. Diese Ego-Netzwerke analysieren sie visuell und identifizieren dadurch das gesuchte Rollenmuster. Es gelingt ihnen zudem, einen Entscheidungsbaum zu trainieren, der die Rolle eines Nutzers korrekt aus der Struktur seines sozialen Umfelds vorhersagt.

Die Konstruktion der Graphen in Buntain und Golbeck findet auf nahezu identische Weise auch in dieser Arbeit Anwendung.

Doch auch andere Online Social Networks eignen sich für Untersuchungen zum Kommunikationsverhalten der Nutzer. De Choudhury et al. [11] beobachten beispielsweise Twitter-Nutzer, um aus deren Kommunikation Anzeichen für mögliche depressive Störungen abzuleiten. Neben einer sprachlichen Analyse untersuchen sie auch strukturelle Eigenschaften der Ego-Netzwerke von Nutzern, etwa Ein- und Ausgangsgrad, Dichte des Graphen, sowie Reziprozität, die sie als Mittelwert des Verhältnisses von ausgehenden zu eingehenden Kanten definieren. Anders als bei De Choudhury et al. wird in der vorliegenden Arbeit Reziprozität nicht als Verhältnis von eingehenden zu ausgehenden Kanten betrachtet, sondern mithilfe des Katz-Powell-Index  $\rho_{KP}$ . Dies hat den Vorteil, dass auch Tendenzen zu asymmetrischen Beziehungen abgebildet werden können und vermeidet Division durch

0, wenn keine eingehenden Kanten vorhanden sind.

Im Kontext der Dynamik in Communities suchen Dror et al. [13] auf der Plattform „Yahoo! Answers“ nach Indikatoren dafür, wann Nutzer die Community wieder verlassen. „Yahoo! Answers“ ist ein Portal, auf dem Nutzer Fragen stellen, die von anderen beantwortet werden. Sie stellen fest, dass Nutzer, die viele Antworten erstellen, eine geringere Wahrscheinlichkeit des Austritts aufweisen. Ebenso wirken sich positive und negative Bewertungen der gegebenen Antworten wie erwartet auf diese Wahrscheinlichkeit aus; positive Bewertungen halten den Nutzer eher auf der Plattform als negative. Überraschenderweise stellen sie fest, dass Eigenschaften auf Ebene der Fragen wie etwa durchschnittliche Bewertung, durchschnittliche Länge, durchschnittliche Anzahl Antworten, positiv mit der Austrittswahrscheinlichkeit korreliert sind. Sie führen an, dass Nutzer möglicherweise von der Popularität dieser Beiträge und dem damit einhergehenden Ansturm vor allem neuer Mitglieder abgeschreckt werden. In der vorliegenden Arbeit werden keine Merkmale auf Beitrags-, sprich Kommentarebene erhoben und betrachtet, da einzig die Interaktion von thematischem Interesse und sozialem Graph eines Nutzers betrachtet werden soll. Da Reddit jedoch auch für Kommentare eine Bewertungsfunktion anbietet, ist dieser Ansatz nicht grundsätzlich von der Hand zu weisen, wird an dieser Stelle jedoch nicht geleistet.

Tan und Lee [25] schließlich gehen der Frage nach, wie sich Nutzer auf Multi-Community-Plattformen wie Reddit bewegen und greifen dazu auf den Baumgartner-Korpus zurück. Insbesondere analysieren sie, in welcher Abfolge Nutzer in verschiedenen Communities aktiv sind, welche Sprache sie dort nutzen, und welche Rückmeldung sie dort von anderen erhalten. Dazu vergleichen sie Reddit und das Digital Bibliography & Library Project (DBLP); die Communities sind damit gegeben durch Subreddits und Konferenzen. Für beide Umgebungen stellen sie fest, dass Nutzer etwa alle 10 Beiträge in 2.5 neuen Communities aktiv werden und dabei kleinere und sich einander weniger gleichende Gemeinschaften aufsuchen. Es scheint also durchaus die Regel zu sein, dass Nutzer in mehreren teils unterschiedlichen Communities aktiv sind, und diese insbesondere auch wechseln. Dabei stellen Tan und Lee ebenfalls fest, dass Nutzer, welche die Plattform gänzlich verlassen, weniger erkundungsfreudig sind als solche, die lange auf der Plattform aktiv bleiben. Zudem gehen sie der Frage nach, was Nutzer dazu bewegt, nach nur wenigen Beiträgen die Community wieder zu verlassen. Sie stellen fest, dass eine hohe Bewertung – im Fall von Reddit die Differenz von Up- und Downvotes – des ersten Beitrags, den der Nutzer in einer neuen Community erstellt, dazu führt, dass er zu dieser Community im Lauf der Zeit zurückkehrt. Da die vorliegende Arbeit ebenfalls der Frage nachgeht, warum ein Nutzer eine Community verlässt und eine andere betritt, ist die Arbeit von Tan und Lee in mehreren Aspekten relevant. Einerseits stellen sie fest, dass Wanderungen zwischen Communities durchaus normal sind für Multi-Community-Plattformen, hier also kein abnormes Phänomen beobachtet wird; andererseits untersuchen sie bzgl. möglicher Gründe des Verlassens Eigenschaften der Beiträge, etwa der Bewertung. Diese Arbeit wählt jedoch den Ansatz einer netzwerkanalytischen Betrachtung, um Gründe für ein Verlassen aufzuspüren.

Sowohl soziale Netzwerkanalyse, als auch Community-Analyse und inhaltsanalytische

Verfahren finden breite Anwendung in existierender Literatur. Diese Arbeit vereint die drei Ansätze und leistet somit einen Beitrag zur Erforschung von Online Communities, der sich in bestehende Literatur einfügt.

### 3 Methodik

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die für diese Arbeit relevanten Grundlagen erläutert wurden und eine Einordnung in den bestehenden Forschungsstand erfolgte, bietet dieses Kapitel einen Überblick über die Forschungsmethodik.

Zunächst wird der verwendete Datensatz kritisch präsentiert. Anschließend folgt ein Überblick über die Erstellung der Topic-Modelle sowie die Vorbereitung der Netzwerkanalyse. Die dazu verwendete Software wird am Ende des Kapitels aufgeführt.

#### 3.1 Datensatz

Die Grundlage der Analyse bildet ein frei zugänglicher Datensatz mit Reddit-Kommentaren. Jason Baumgartner, der unter dem Pseudonym *stuck\_in\_the\_matrix*<sup>9</sup> selbst auf Reddit aktiv ist, unterhält monatliche Datensätze mit allen Beiträgen und Nutzerkommentaren. Er verwendet die Reddit-API, um diese Inhalte systematisch zu archivieren und bietet sie zum Download an [3]. Der Zeitraum der zur Verfügung gestellten Daten umfasst derzeit Dezember 2005 bis Oktober 2018.

**Tabelle 3.1:** Verwendete Metadaten zu Kommentaren

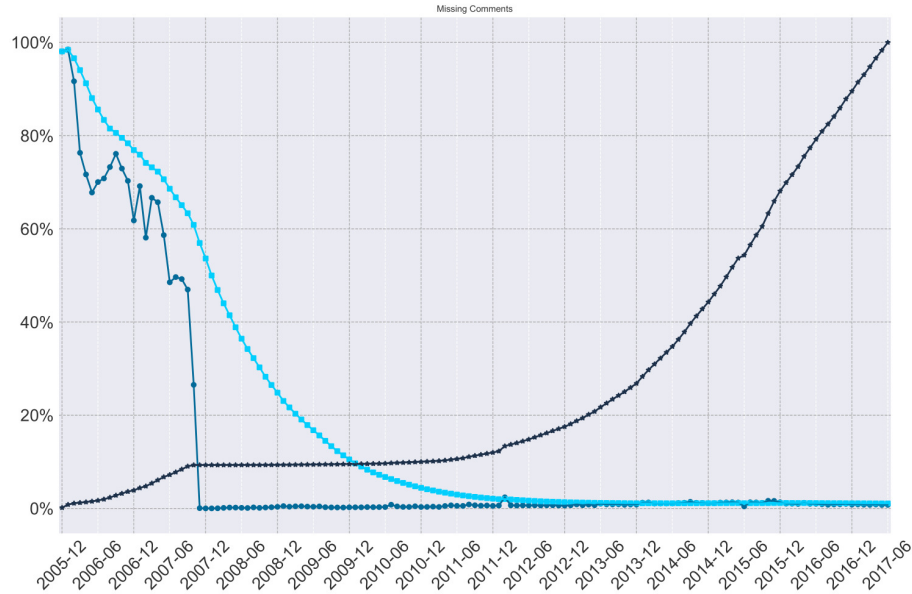
Feld	Wert
author	Nutzername des Kommentar-Autors
id	eindeutige ID des Kommentars
parent_id	eindeutige ID des Elements, auf das sich der Kommentar bezieht
subreddit	Name des Subreddits, in dem der Kommentar erstellt wurde

**Struktur** Die monatlichen Schnappschüsse liegen in Form strukturierter Textdateien vor.<sup>10</sup> Diese enthalten neben dem Inhalt des Kommentars auch Metadaten wie Verfasser oder Datum. Die für diese Arbeit relevanten Metadatenfelder sind in Tabelle 3.1 aufgeführt. Zu beachten ist hier insbesondere, dass der eigentliche Textinhalt des Kommentars für diese Auswertung nicht genutzt wird. Das maschinenlesbare JSON-Format, in dem die Daten abgelegt sind, ermöglicht die effiziente computergestützte Auswertung.

**Kohärenz** Im März 2018 haben Gaffney und Matias [15] eine Analyse des gesamten Baumgartner-Korpus vorgelegt. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Erfassung sowohl der Beiträge als auch der Kommentare Lücken aufweist, also Elemente gänzlich nicht im Datensatz vorhanden sind. Für diese Arbeit ist dies insofern problematisch, da fehlende Kommentare die Themenhistorie von Nutzern verzerren können. Auch Gaffney und Matias stellen fest, dass Studien, welche auf die vollständigen Verläufe von Nutzern zugreifen, dem höchsten Risiko ausgesetzt sind, lückenhafte Daten zu betrachten [15].

<sup>9</sup>[https://www.reddit.com/user/stuck\\_in\\_the\\_matrix](https://www.reddit.com/user/stuck_in_the_matrix)

<sup>10</sup>Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf den Kommentar-Datensatz, Bezüge zu Beiträgen werden explizit hervorgehoben.

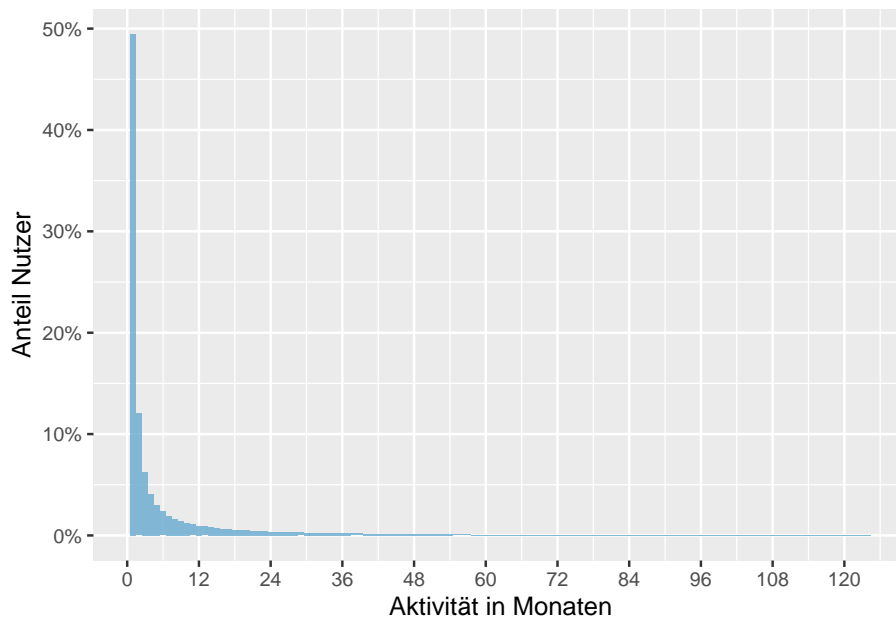


**Abbildung 3.1:** Anteil fehlender Kommentare. Die hellblauen Quadrate (obere Linie) stellen den gleitenden Mittelwert fehlender Kommentare in Prozent dar, die mittelblauen Punkte (mittlere Linie) den prozentualen Anteil fehlender Kommentare, und die dunkelblauen Kreuze (untere Linie) die kumulierte Gesamtzahl fehlender Kommentare [Abbildung aus 15]

Das von Baumgartner eingesetzte System nutzt aus, dass jedem Kommentar auf Reddit eine eindeutige und sequentiell ansteigende numerische ID zugewiesen ist. Geht man davon aus, dass diese ID-Sequenz bei null beginnt und bei jedem neuen Kommentar um eins erhöht wird, sollte einer Folge von  $n$  Zahlen eine Menge von  $n$  Kommentaren zugeordnet sein. Auf diese Weise arbeitet auch Baumgartners Software, die zusammenhängende Blöcke von jeweils 100 solcher IDs wählt und versucht, die zugehörigen Kommentare über die Reddit-API<sup>11</sup> aufzulösen [2]. Da die API auch Anfragen nach gelöschten Elementen beantwortet und hier lediglich die Felder Autor und Inhalt mit dem speziellen Wert „[deleted]“ versieht, sollte ein Bereich von 100 sequentiellen IDs auch vollständig im Datensatz abgebildet sein. Gaffney und Matias stellen jedoch für den Zeitraum Dezember 2005 bis Februar 2016 fest, dass 943.755 Kommentar- und 1.539.583 Beitrags-IDs nicht in den Datensätzen enthalten sind. Sie nennen dafür dreierlei mögliche Gründe: sog. „dangling references“, also Verweise, bei denen das Element, auf das verwiesen wird, nicht auffindbar ist; öffentlich zugängliche Daten, die aus unbekanntem Grund nicht von Reddit an Baumgartners System übertragen wurden; oder Daten aus als privat eingestuft Communities, die nicht öffentlich sondern nur von Mitgliedern mit Zugangsberechtigung einsehbar sind [15].

In Abbildung 3.1 stellen die mittelblauen Punkte bzw. die anfangs mittlere der drei Linien den Anteil fehlender Kommentare in Prozent dar. Ab April 2007 beginnt dieser Anteil zu sinken, fällt ab etwa August 2007 stark ab und stabilisiert sich ab November 2007 im niedrigen einstelligen Bereich. Um den Einfluss fehlender Kommentare so gering wie möglich zu halten, setzt die Auswertung der Daten im November 2007 an und erstreckt

<sup>11</sup><https://api.reddit.com/>



**Abbildung 3.2:** Verteilung der Aktivität

sich bis Februar 2018.

Jason Baumgartner hat als Folge der Veröffentlichung von Gaffney und Matias angekündigt, fehlende Kommentare und Beiträge nachträglich zu erfassen [1].

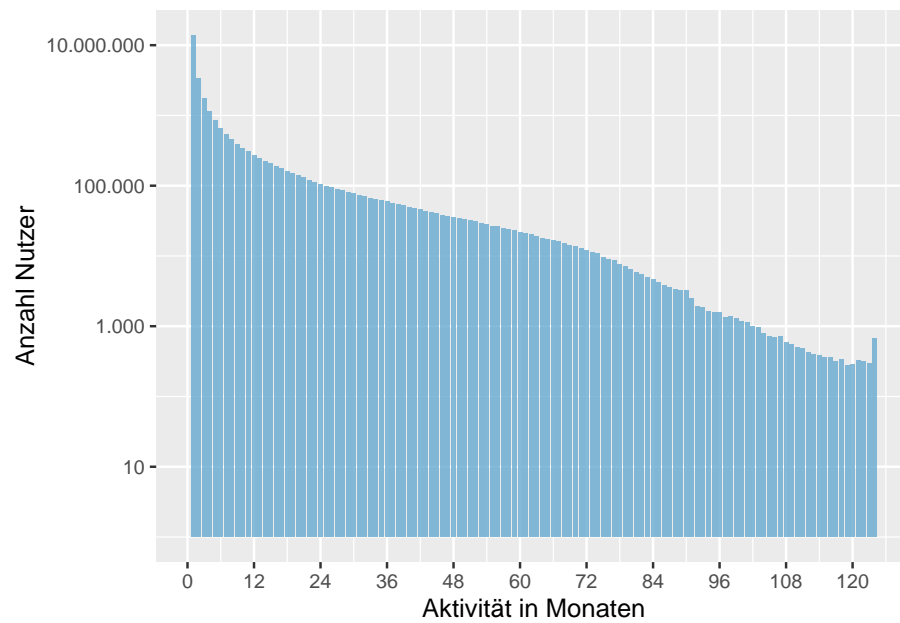
### 3.2 Stichprobe von Nutzern

Für die angesetzte Fallstudie werden für den Beobachtungszeitraum zwei Nutzer zufällig ausgewählt. Im Folgenden werden die Kriterien für die Ziehung dieser Stichprobe erläutert, die aus der Verteilung der Aktivität der Nutzer abgeleitet werden.

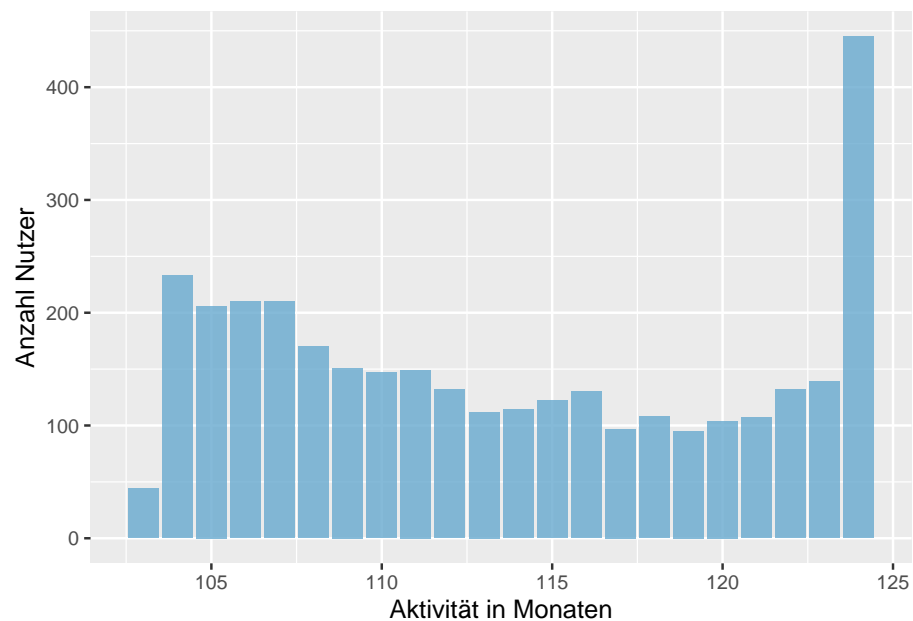
Für den Beobachtungszeitraum von 124 Monaten liegen etwa 3,6 Milliarden Kommentare vor, verfasst von ca. 28 Millionen Nutzern. Für jeden dieser Nutzer wurde bestimmt, in wie vielen Monaten er im Datensatz enthalten ist. Diese Aktivitätsspanne reicht von nur einem Monat bis zur Gesamtzeit von 124 Monaten. Die Hälfte der Nutzer ist zwischen einem und sechs Monaten auf Reddit aktiv; Tabelle A.1 im Anhang enthält die wichtigsten Kennzahlen der Aktivitätsverteilung.

Stellt man diese Verteilung wie in Abbildung 3.2 als Histogramm dar, fällt die hohe Häufung eher kurzer Aktivität auf. Abbildung 3.3 wählt für dieselbe Verteilung eine logarithmische Darstellung, die einen besseren Blick in den „Long Tail“ der Verteilung bietet. Auffällig ist bei der logarithmischen Darstellung der Ausschlag am äußersten rechten Rand. Der Unterschied zwischen den beiden längsten Aktivitätsklassen beträgt 382 Nutzer.

Um sicherzustellen, dass die Historien der Nutzer möglichst frei von Lücken sind, erfolgt die Auswahl aus den 10.000 am längsten aktiven Nutzern. Diese müssen zudem über ihren Aktivitätszeitraum hinweg pro Monat mindestens 50 Kommentare erstellt haben, um aussagekräftige Interaktionsgraphen generieren zu können. Abbildung 3.4 zeigt die dadurch erhaltene Verteilung der Aktivitätsklassen als Histogramm. Die kleinste Aktivitätsspanne



**Abbildung 3.3:** Verteilung der Aktivität, logarithmische Darstellung.



**Abbildung 3.4:** Verteilung der Aktivität nach Einschränkung auf die oberen 10.000 Nutzer mit jeweils mindestens 50 Kommentaren je Monat.



in dieser neuen Verteilung liegt bei 103 Monaten. Dies entspricht einer Überschneidung mit dem gesamten Untersuchungszeitraum zu ca. 83%; die Kennzahlen dieser Verteilung sind Tabelle A.2 im Anhang zu entnehmen.

Da eine Analyse aller in dieser Stichprobe enthaltenen Nutzer aus Zeitgründen nicht möglich war, wurden exemplarisch zwei Nutzer zufällig ausgewählt und in einer Fallstudie näher betrachtet.

### 3.3 Topic-Modelle

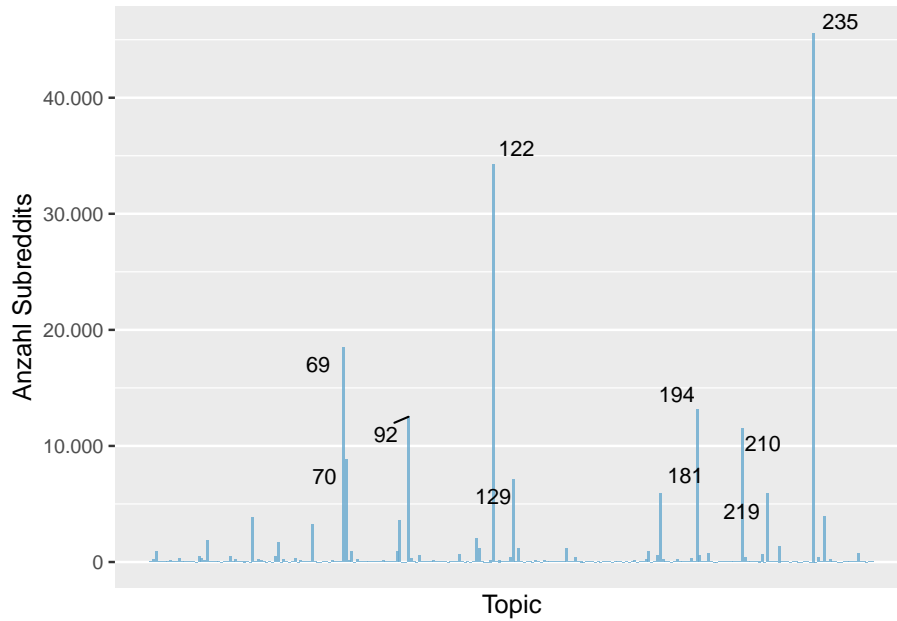
Um zu einer Zuordnung von Subreddits zu Themenkomplexen zu gelangen, wird mittels Latent Dirichlet Allocation ein Topic-Modell erstellt und ausgewertet. Dadurch können Communities, die ähnliches Vokabular benutzen, unter einem Topic zusammengefasst werden.

**Korpus** Für alle Nutzer, deren Aktivität über dem Gesamtdurchschnitt von 6.67 Monaten liegt, werden die Subreddits erfasst, in denen sie Kommentare erstellen. Durch diese Einschränkung wird verhindert, dass Subreddits in das Topic-Modell eingehen, die ausschließlich von Nutzern aufgesucht werden, die die Plattform nach kurzer Aktivität verlassen.

Für diese Subreddits wurden über die Reddit-API jeweils maximal 50 Beiträge aus dem Listing „Top“ abgerufen. Dieses Listing liefert eine Sortierung der Beiträge mit der besten Gesamtwertung (*Score*), also der Differenz aus Up- und Downvotes [22]. In der Folge erhält man so diejenigen Beiträge, die von der Community am besten bewertet wurden. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass ein Beitrag mit hohem Score auch repräsentativ für die Inhalte der Community ist.

Die Titel der abgerufenen Beiträge wurden konkateniert, zu Kleinbuchstaben normalisiert, Satzzeichen und Ziffern sowie redundante Leerzeichen entfernt; Stoppwörter wurden nicht entfernt und Zeichenketten mit weniger als 300 Zeichen verworfen. Damit entspricht jedes Subreddit einem Dokument, dessen Inhalt die Titel der Top-Beiträge bilden. Die so aufbereiteten 207.056 Dokumente bilden den Eingabe-Korpus für ein LDA-Modell.

**Verteilung der Topics** Der Algorithmus zur Erstellung eines LDA-Modells ist parametrisiert durch die Zahl der zu bestimmenden Topics  $k$  sowie der Dichte der Topic-Wort- (Parameter  $\beta$ ) bzw. der Dokument-Topic-Verteilung (Parameter  $\alpha$ ). Die beiden Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  werden üblicherweise so gewählt, dass die entstehenden Verteilungen dünn besetzt sind, also Dokumente aus wenigen Topics und Topics aus wenigen Wörtern bestehen. Der optimale Wert für  $k$  variiert zwischen verschiedenen Korpora und lässt sich empirisch ermitteln. Wegen der hohen Zahl an Dokumenten und damit einhergehenden Zeitaufwands wurde dies jedoch unterlassen und stattdessen  $k = 256$  gewählt. Ob sich diese Zahl an Topics für die betrachteten Subreddits bzw. Reddit allgemein in der Nähe eines Optimums befindet, bleibt zu klären. Die Start-Parameter des Algorithmus sind in Tabelle A.3 im Anhang aufgeführt.



**Abbildung 3.5:** Anzahl der Zuordnungen von Subreddits zu Topics. Jede Säule entlang der x-Achse entspricht einem der 256 Topics. Hervorgehoben sind die 10 größten Topics mit den meisten Zuordnungen.

Latent Dirichlet Allocation beruht auf der Annahme, dass jedes Dokument aus verschiedenen latenten Themen zusammengesetzt wird. Das Modell liefert für jedes Dokument eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die zu bestimmenden Topics. Für die weitere Analyse in dieser Arbeit wird aus dieser Verteilung von Topic-Wahrscheinlichkeiten eine Zuordnung von Subreddits zu Topics abgeleitet, indem für jedes Dokument das Topic als charakteristisch angesehen wird, dem der Algorithmus die höchste Wahrscheinlichkeit zuweist.

Abbildung 3.5 stellt die Zuordnung von Subreddits zu Topics als Histogramm dar. Auf einen großen Teil der Topics entfallen vergleichsweise wenig Subreddits: der Hälfte aller Topics sind weniger als neun Subreddits zugeordnet (Median: 9), das obere Quartil liegt bei 97.5 Subreddits, das Maximum bei 45.577; Tabelle A.4 im Anhang enthält die Kennzahlen dieser Verteilung. Offensichtlich gibt es zusätzlich zu großen bis sehr großen Topics auch eine hohe Anzahl an Nischenthemen mit weniger als 100 zugeordneten Subreddits.

### 3.4 Interaktionsgraphen aus Kommentaren

Die Kommentarverläufe von Reddit lassen sich als Interaktionsgraphen modellieren. Jeder Knoten in einem solchen Graph stellt einen Akteur in einem sozialen Netzwerk dar. Zwischen Akteuren manifestieren sich gerichtete Kanten, wenn sie miteinander interagieren, in diesem Fall in Form von Kommentaren auf Reddit. Die Richtung der Kanten gibt dabei an, welcher Nutzer den Kommentar verfasst hat (Quelle) bzw. an welchen Nutzer der Kommentar gerichtet ist (Senke). Im Datensatz sind Kanten über die Beziehung zwischen den *id*- bzw. *parent\_id*-Attributen realisiert. Seien dazu  $U, V$  Akteure im sozialen Netzwerk und  $K_U, K_V$  von  $U$  resp.  $V$  verfasste Reddit-Kommentare. Zwischen  $U$  und  $V$  wird eine gerichtete Kante  $(u, v)$  eingefügt, wenn gilt:  $K_U.parent\_id = K_V.id$ .

Da mehrere Interaktionen zwischen denselben Partnern möglich und erlaubt sind, handelt es sich bei den hier verwendeten Interaktionsgraphen um Multigraphen. Da ausgehend von einem Nutzer dessen unmittelbare Kontakte erfasst werden, spricht man hier zudem von egozentrischen Netzwerken. Dabei ist zu beachten, dass abweichend von gängigen Definitionen des Begriffs (etwa [26, S. 42], [29]) in dieser Arbeit keine Strukturen zwischen den Alteri erfasst werden, sondern nur zwischen Ego und Alteri.

Für die beiden in Abschnitt 3.2 ausgewählten Nutzer werden monatliche Interaktionsgraphen erstellt. Da diese einen zeitlich abgegrenzten Ausschnitt aus dem gesamten sozialen Netzwerk eines Nutzers darstellen, werden sie im Folgenden auch als Snapshot-Graphen bezeichnet.

### 3.5 Verwendete Software

Um die Inhalte der Subreddits über die Reddit-API abzurufen, wurde die Python-Bibliothek *PRAW* [6] verwendet, ein API-Client speziell für Reddit.

Die Vorbereitung der Textkorpora für die Topic-Analyse wurde mit dem Text-Mining-Package *tm* [14] in R realisiert.

Für die LDA selbst wurde wegen der hohen Zahl an Inhalten eine effiziente Implementierung benötigt, die in akzeptabler Zeit ein Topic-Model berechnet. Die Wahl fiel dabei auf *GLDA* [19], das sich die hohe Rechenleistung moderner Grafikkarten zunutze machen kann; die Software stellt eine Weiterentwicklung von *GibbsLDA++* [21] dar.

Die Datenanalyse erfolgt in R mit einschlägigen Bibliotheken, größtenteils aus dem *tidyverse* [27]; Visualisierungen wurden mit *ggplot2* [28] erstellt.

Die Modellierung der Interaktionsgraphen wurde mit der R-Bibliothek *igraph* [9] realisiert, die neben der Konstruktion auch Funktionalität zur Analyse von Netzwerken bietet.

Die Arbeit selbst wurde mit *bookdown* [30] angefertigt, das es ermöglicht, Dokumente im Markdown-Format zu verfassen, Codeblöcke im Text zu definieren und deren Ausgabe direkt in den Text zu integrieren.

**Tabelle 4.1:** Häufigste Wörter der vier größten LDA-Topics. Die Spalten enthalten die Topic-ID, die Anzahl zugeordneter Subreddits  $n$  sowie die 15 häufigsten Wörter.

Topic	n	Wörter
235	45.577	the, a, to, i, is, you, this, of, and, in, it, that, on, for, when
122	34.240	to, a, for, the, and, i, you, is, of, in, how, on, what, with, this
69	18.504	my, a, i, the, this, of, and, to, in, for, on, it, from, is, with
194	13.146	the, to, for, of, on, and, new, is, in, a, now, we, at, with, this

## 4 Datenanalyse

Nachdem in dem vorangehenden Teil des Kapitels die Forschungsmethodik dargelegt wurde, widmet sich dieser Teil einer Darstellung der Ergebnisse. Im ersten Abschnitt wird das erstellte Topic-Modell analysiert, der zweite Teil präsentiert die Ergebnisse der Fallstudie.

### 4.1 Topic-Analyse

Aus den populärsten Beitragstiteln von Subreddits wurde mittels Latent Dirichlet Allocation ein Topic-Modell mit 256 Topics erstellt. In Kapitel 3.3 wurde bereits auf die Verteilung der Zuordnung von Subreddits zu Topics eingegangen; dieser Abschnitt betrachtet die gefundenen Topics genauer.

Das LDA-Modell liefert nicht nur für jedes Dokument eine Verteilung von Topics, sondern auch zu jedem Topic eine Wahrscheinlichkeitsverteilung von Wörtern, die Topic-Wort-Verteilung. Sortiert man diese Häufigkeiten absteigend, erhält man die für dieses Topic charakteristischen Begriffe.

Bei einer ersten Analyse dieser Wort-Zuordnungen fiel auf, dass die „größten“ Topics<sup>12</sup> in den vordersten Rängen nahezu ausschließlich Stoppwörter enthielten. Als *Stoppwort* werden Wörter bezeichnet, die in einem Dokument besonders häufig auftreten und hauptsächlich grammatikalische Funktion besitzen, allerdings wenig Information über den Inhalt eines Dokuments tragen. Dazu zählen etwa bestimmte und unbestimmte Artikel, Konjunktionen und Präpositionen.

Tabelle 4.1 enthält eine Aufstellung der häufigsten Wörter für die vier größten Subreddits.

Diese Verteilung ist wenig informativ in Bezug auf den Inhalt der Topics. Vielmehr lässt sich hier erkennen, dass eine große Zahl von Subreddits durch Inhalte geprägt ist, die sich nicht durch Schlagworte voneinander abgrenzen lassen. Es sei darauf hingewiesen, dass sich auch in klarer definierten Topics Stoppwörter in den vorderen Rängen finden, allerdings in Nachbarschaft durchaus informativer Begriffe; die häufigsten fünf Wörter für Topic 131 (1.166 Subreddits) etwa sind „food, and, with, chicken, recipe“, was auf einen Bezug zum Thema „Essen“ bzw. „Kochen“ schließen lässt.

In der Nachbereitung des Topic-Modells wurde aus der Wort-Topic-Verteilung eine Liste

<sup>12</sup> „Größe“ ist hier bezogen auf die Zahl der einem Topic zugeordneten Subreddits, vgl. Kapitel 3.3 (Topic-Verteilung)

**Tabelle 4.2:** Häufigste Wörter der vier größten Subreddits, analog zu Tabelle 4.1. Dargestellt ist lediglich eine Auswahl charakteristischer Begriffe, deren Ordnung untereinander jedoch beibehalten wurde.

Topic	n	Wörter
235	45.577	like, just, one, people, subreddit, sub, go, see
122	34.240	help, can, anyone, need, know, please, just, best, question, people
69	18.504	first, just, new, got, made, one, today, like, day, im, time, love, found, happy, finally, good
194	13.146	new, now, will, update, first, official, th, news, us, coming, next, live, video, available, today, time, release, team

an Stoppwörtern der englischen Sprache entfernt; diese Liste entstammt dem R-Package *tm* [14]. Damit gelang es, auch diese initial wenig aussagekräftigen Topics in Ansätzen zu charakterisieren. Eine Auswahl aussagekräftiger Wörter zeigt Tabelle 4.2, und Tabelle B.1 im Anhang enthält für alle Topics, denen mindestens 500 Subreddits zugeordnet wurden, die 25 häufigsten Wörter.

Bei der Analyse der größten Topics fällt auf, dass sich auch nach Entfernung der Stoppwörter nur schwer über einzelne Wörter auf die thematische Ausrichtung schließen lässt. Betrachtet man jedoch die Wörter in ihrem Kontext, zeichnen sich erste Tendenzen ab. In Topic 235 etwa stehen Begriffe wie „subreddit“ und „sub“ in Nachbarschaft von „like“, „go“ und „see“; vermutlich ist dieses Topic stark von der Autoreferentialität von Reddit geprägt, ein Umstand, auf den in der Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 4.3 noch näher eingegangen wird.

Ähnlich verhält es sich mit den übrigen Topics, die hier angesprochen wurden: Topic 122 scheint sich mit Gesuchen nach Hilfe bzw. Ratschlägen zu befassen („can“, „anyone“, „need“, „know“, „question“), Topic 69 mit Berichten über positive Ereignisse bzw. Errungenschaften („first“, „new“, „today“, „got“, „made“, „love“, „finally“), und Topic 194 schließlich scheint sich mit offiziellen Bekanntmachungen zu beschäftigen („new“, „now“, „update“, „official“, „news“, „release“, „team“). Trotz dieser Erkenntnisse bleiben diese Topics einigermaßen schwierig einzuordnen, zumal sich erst in der nachträglichen Bearbeitung „echte“ Topics herauskristallisierten.

Abschließend sei auf einige interessante Topics hingewiesen, die sich aus Tabelle B.1 im Anhang ablesen lassen. Topic 210 lässt wenig Zweifel an politischen Ausrichtung des Inhalts, mit Schwerpunkt auf US-amerikanischen Themen („trump“, „president“, „donald“, „bill“, „american“).

Eine allgemein wissenschaftliche Ausrichtung lässt sich bei Topic 219 vermuten, mit Begriffen wie „science“, „research“, „theory“ und „study“.

Wörter wie „google“, „windows“, „app“, „code“, „tutorial“ und „programming“ kennzeichnen Topic 239; vermutlich handelt es sich um IT-Themen, mit einem erkennbaren Schwerpunkt auf Softwareentwicklung („code“, „source“, „open“).

Auffällig sind schließlich auch die Topics 46, 72 und 217, die ausschließlich spanische, deut-

sche resp. französische Wörter enthalten – im Falle des Französischen gar Interpunktion in Form schließender Guillemets («). Obgleich es sich um Stoppwörter handelt, lassen sich hinter diesen Topics eigene Sprach-Communities vermuten.

Ohne diese Analyse zu tief geraten zu lassen, lässt sich festhalten, dass die Topics des erstellten LDA-Modells hinreichend gut abgeschlossene Themenkomplexe identifiziert haben, die man auch in einem OSN wie Reddit vermuten würde: Hilfe/Selbsthilfe, Selbstdarstellung, Politik, Wissenschaft und Technik, sowie individuelle Communities, die in ihrer Landessprache kommunizieren. Dies alles ist umso bemerkenswerter, als dass es sich hier „nur“ um ein mit statistischen Methoden erstelltes Modell menschlicher Sprache handelt, das überdies keine Kenntnis über die Themenverteilung besitzt.

## 4.2 Fallstudie

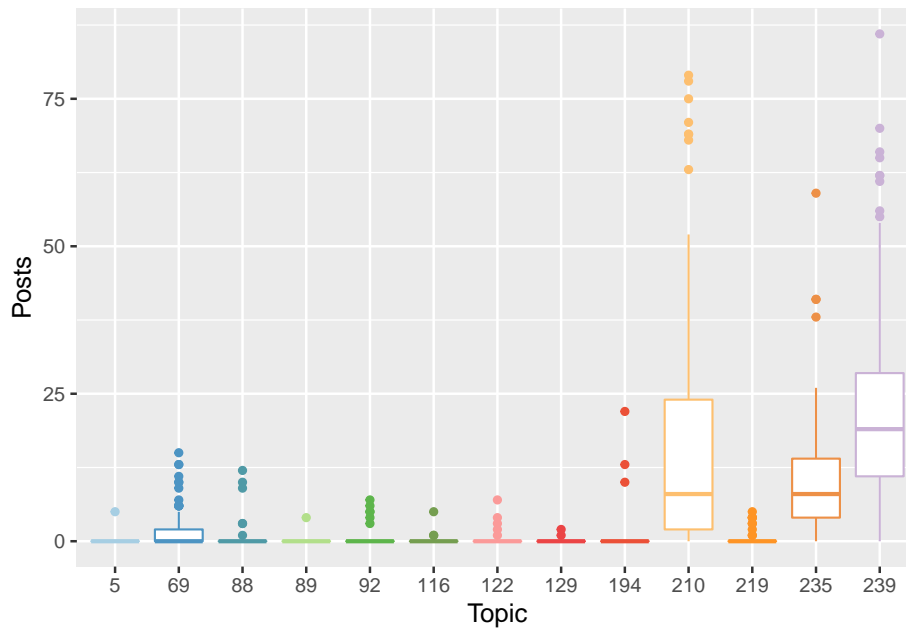
Die folgenden zwei Abschnitte befassen sich jeweils mit einem individuellen Nutzer, der aus dem Long Tail der Aktivitätsverteilung für Nutzer gezogen wurde. Für beide wurde die Themenhistorie über den gesamten Untersuchungszeitraum von November 2007 bis Februar 2018 erstellt, ebenso wie die zugehörigen Interaktionsgraphen, in denen die Kommunikation mit anderen Nutzern abgebildet ist.

### 4.2.1 monocasa

Der Nutzer mit dem Namen „monocasa“ ist im betrachteten Ausschnitt aus dem Datensatz in 119 Monaten enthalten und hat insgesamt 7.996 Kommentare erstellt, was im Mittel 67,19 Kommentaren pro Monat entspricht.

**Topic-Verteilungen** Um einen Überblick zu erhalten, in welchen Topics der Nutzer aktiv ist, bietet es sich an, die Verteilung der Kommentare zu visualisieren. Alle Kommentare werden über das Subreddit, in dem sie erstellt wurden, einem Topic zugeordnet. In Abbildung 4.1 ist zu erkennen, dass der Nutzer hauptsächlich in drei Topics aktiv ist: 210, 239 und 235. Auch der zeitliche Verlauf der Topics in Abbildung 4.2 lässt dies erkennen. Wie bereits weiter oben festgestellt, handelt es sich bei Topic 239 um technisch orientierte Inhalte, bei 210 um Politik mit Schwerpunkt auf US-amerikanischen Themen; Topic 235 wurde als Reddit-selbstreferentiell identifiziert. Die weitere Analyse wird sich vor allem auf diese großen Topics stützen, da sie die meiste Aktivität des Nutzers auf sich vereinen.

Bei der Analyse des Topic-Verlaufs fällt auf, dass der Anteil von Topic 239 zwischen 2013 und 2014 zweimal stark abfällt: einmal im Juli 2013 und kurz darauf im Oktober 2013. Fällt der Anteil eines Topics auf 0 wird dies im weiteren Verlauf dieser Analyse gleichgesetzt mit einem Verlassen dieser thematischen Community. Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, was für dieses Verlassen ursächlich sein könnte. Dazu werden verschiedene Eigenschaften der Topic-Verläufe sowie der lokalen Ego-Netzwerke des Nutzers herangezogen. Der Untersuchungszeitraum wird auf die Zeit zwei Jahre vor und zwei Jahre nach dem Verlassen im Oktober 2013 festgelegt; dies ist durch die beiden gepunkteten Linien in Abb. 4.2 angedeutet.

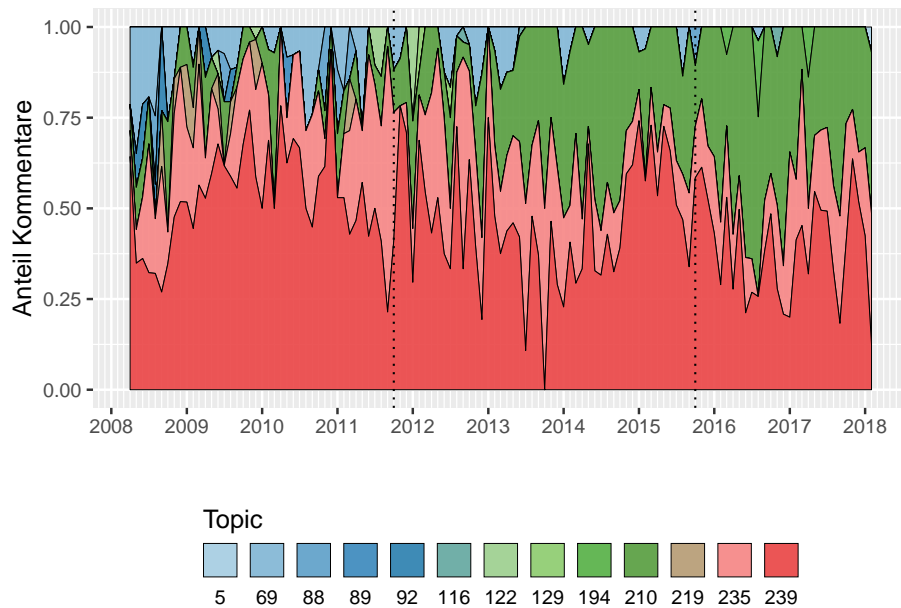


**Abbildung 4.1:** Verteilung von Kommentaren über Topics.

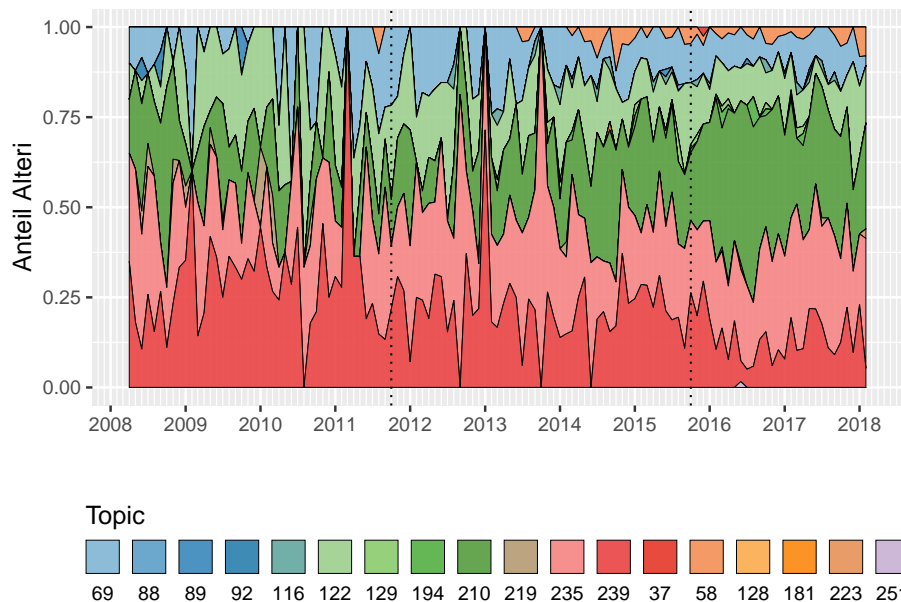
Auch für die Alteri lässt sich ein ähnlicher Topic-Verlauf bestimmen, indem pro Monat für jeden von ihnen das Topic bestimmt wird, in dem er die meisten Kommentare verfasst; so wird jeder dieser Nutzer auf ein einzelnes Topic festgelegt, das ihn charakterisiert. Damit lässt sich bestimmen, welchen Anteil ein Topic unter den Alteri ausmacht. Abbildung 4.3 lässt erkennen, dass in dem gewählten Zeitraum der Anteil der Alteri, die sich ebenfalls an diesem Topic beteiligen, auf 0 sinkt. Zudem fällt auf, dass sich Ego und Alteri durchaus in ihren Interessen überschneiden; in zwölf Topics erstellen sowohl Ego als auch Alteri Kommentare.

**Zusammenhang zwischen Ego und Alteri** Zunächst soll betrachtet werden, wie das Kommentar-Verhalten von Ego mit der Zusammensetzung seiner Alteri zusammenhängt. Die Vermutung dabei ist, dass ein höherer Anteil Alteri eines Topics dazu führt, dass auch Ego vermehrt in diesem Topic aktiv ist, bzw. Ego basierend auf seinen Interessen sein Umfeld auswählt.

Abbildung 4.4 zeigt Streudiagramme der Anteile, aufgeschlüsselt nach Topic. Da die berechneten Topic-Anteile nach Shapiro-Wilk nicht normalverteilt sind, wurde zur Bestimmung der Stärke der Korrelation Spearmans  $\rho$  verwendet. Die Korrelationen für die beiden größeren Topics 210 und 239 fällt mittel bis stark aus und ist signifikant auf dem 0.1%-Niveau. Für 235 fällt die Korrelation schwächer aus, ist aber ebenfalls signifikant. Wie vermutet lassen sich vor allem bei den großen Topics, in denen der Nutzer vermehrt Aktivität verzeichnet, lineare Zusammenhänge erkennen. Auffällig dabei ist, dass die Regression der beiden Topics 210 und 239 unterhalb der Diagonalen verläuft; der Nutzer ist scheinbar verstärkt in diesen Topics aktiv, obwohl sein Umfeld nicht „mitzieht“.

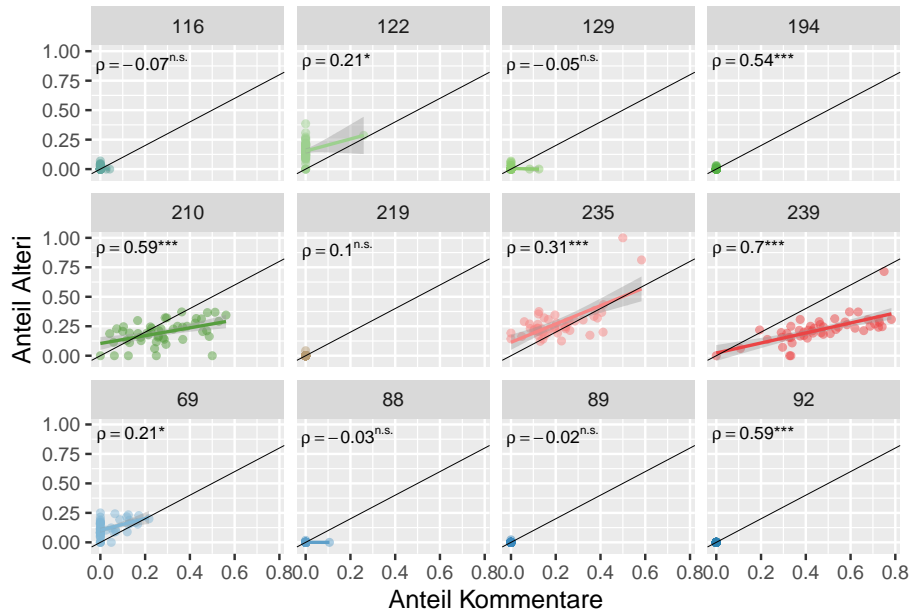


**Abbildung 4.2:** Topic-Verteilung von Egos Kommentaren. Dargestellt sind die relativen Anteile eines Topics an allen Kommentaren, die Ego in einem gegebenen Monat erstellt.



**Abbildung 4.3:** Topic-Verteilung der Alteri im lokalen Netzwerk. Dargestellt ist der Anteil der Alteri, deren Hauptinteresse in dem jeweiligen Monat dem dargestellten Topic gilt.





**Abbildung 4.4:** Anteil Kommentare vs. Anteil Alteri in einem Topic. Die x-Achse zeigt den relativen Anteil Kommentare, die Ego in einem Topic verfasst, die y-Achse den Anteil Alteri, der sich diesem Topic hauptsächlich widmet. Spearmans  $\rho$  zeigt die Stärke der Korrelation (\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$ , *n.s.* nicht signifikant).

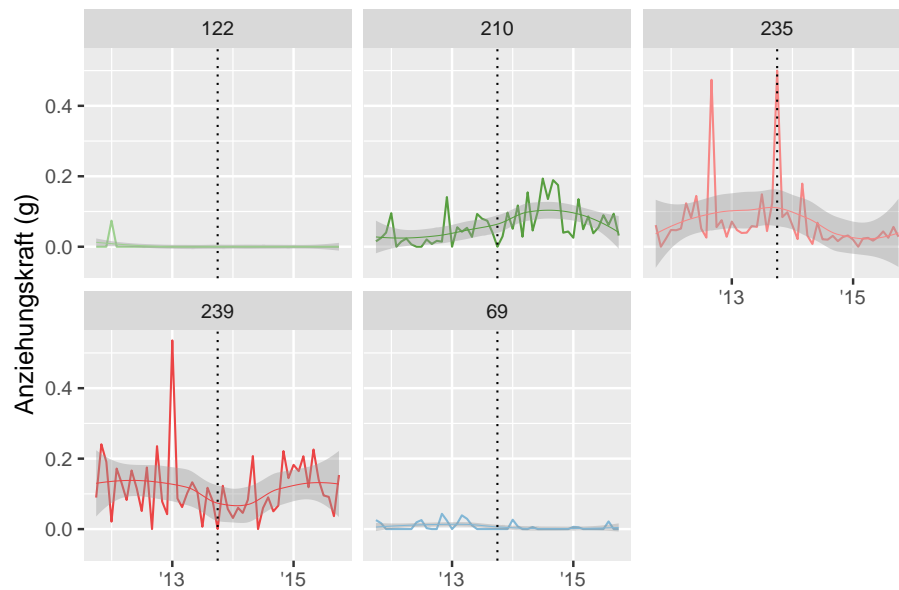
**Anziehungskraft von Topics** Was macht ein Topic attraktiv für einen Nutzer? Zum Einen sollte es ihn selbst interessieren, zum anderen sollte aber auch sein Umfeld dieses Thema kennen und sich ihm widmen. Um diesen Zusammenhang messbar zu machen, wird im folgenden ein naiver Ansatz gewählt, um einen Index zu bilden. Seien  $r_A$  und  $r_C$  die Anteile der Alteri resp. Kommentare an einem Topic. Dann sei ihr Produkt

$$g = r_A r_C \quad (6)$$

ein Maß für die Attraktivität bzw. Anziehungskraft eines Topics. (6) wird minimal, wenn einer der beiden Faktoren 0 ist, also Ego keine Kommentare in diesem Topic erstellt oder keiner der Alteri daran interessiert ist. Sind beide Anteile hoch, übt auch das Topic hohe Anziehungskraft aus. Da beide Faktoren relative Anteile darstellen, ist auch ihr Produkt dimensionslos.

Abbildung 4.5 zeigt die zeitliche Entwicklung von  $g$  für den Nutzer monocasa. Es sind einige Spitzen zu erkennen, die auf sehr hohe, aber zeitlich begrenzte Attraktivität hindeuten. Der Zeitpunkt des Austritts aus 239 liegt inmitten einer Phase niedriger Anziehungskraft dieses Topics.

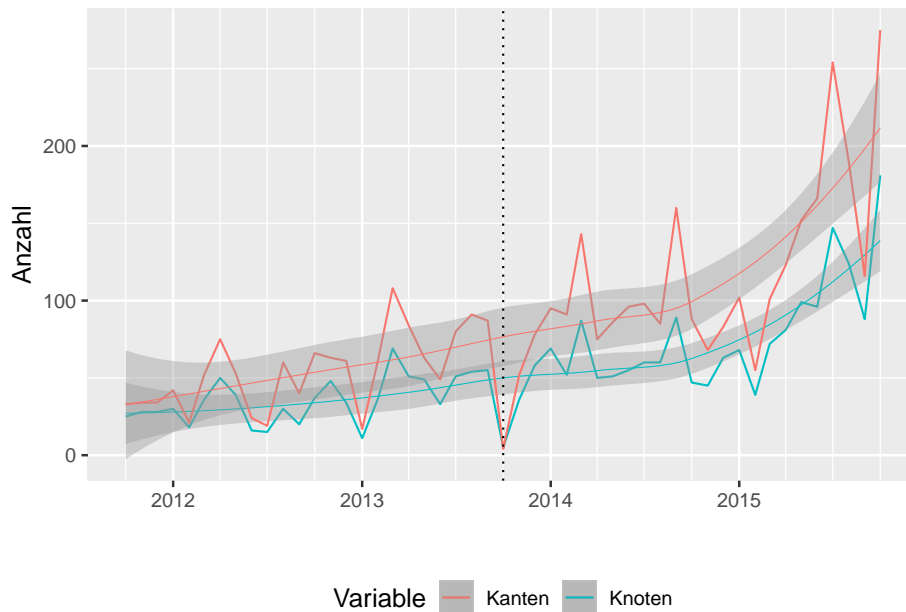
Um die spitzen Ausschläge besser verstehen zu können, bietet es sich an, die Gesamtzahl aller Kommentare zu betrachten. Abbildung 4.6 zeigt den zeitlichen Verlauf erstellter Kommentare je Topic, sowie deren Summe. Der Knick zum Zeitpunkt, als der Nutzer Topic 239 verlässt, deutet darauf hin, dass hier eine Phase allgemein geringer Aktivität vorliegt, in der monocasa generell nur wenige Kommentare verfasst.



**Abbildung 4.5:** Attraktivität angetragen über den zeitlichen Verlauf. Die gepunktete Linie markiert den Monat, in dem der Nutzer Topic 239 verlässt. In dieser Darstellung enthalten sind alle Topics, deren Attraktivität in Summe größer 0 ist.



**Abbildung 4.6:** Anzahl Kommentare je Topic über die Zeit aufgetragen, sowie die Summe aller Kommentare als rot gestrichelte Linie.



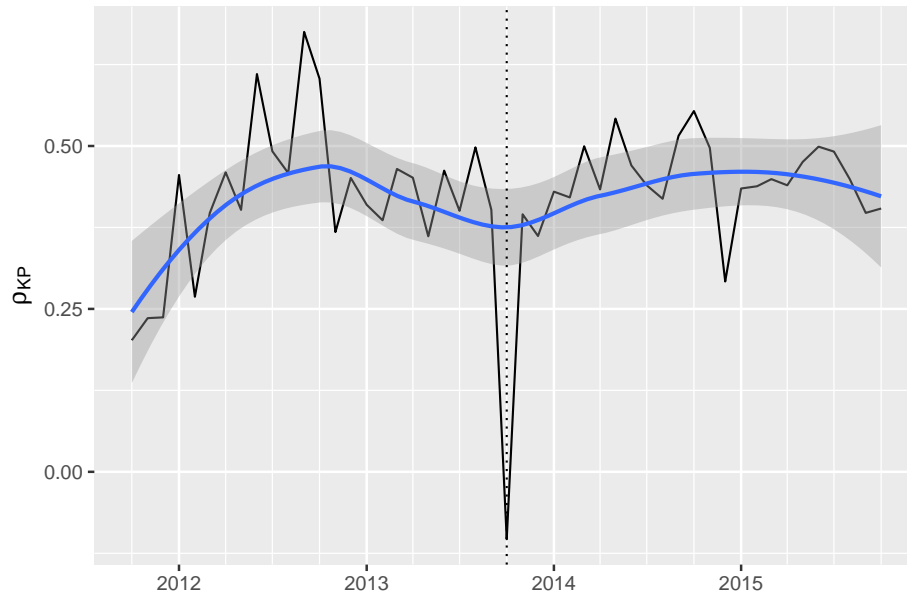
**Abbildung 4.7:** Zahl der Knoten sowie Kanten des lokalen sozialen Netzwerks, angetragen über die Zeit. Wie zuvor auch kennzeichnet die gepunktete Linie den Austritt aus Topic 239.

**Analyse des Netzwerks** In den vorangegangenen Abschnitten wurde die Themenhistorie der Nutzer betrachtet. Im Folgenden wird nun der Blick auf das persönliche soziale Netzwerk des Nutzers gerichtet. Um einen ersten Eindruck von der Größe und Struktur der Kommunikationsbeziehungen des Nutzers zu erhalten, zeigt Abbildung 4.7 die Anzahl der Knoten und Kanten im sozialen Graph des Nutzers über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg. Das Wachstum des Graphen ist hier gut zu erkennen, ebenso der Zeitpunkt sehr geringer Aktivität im Oktober 2013. Knoten und Kanten wachsen in etwa gleich stark an, woraus sich schließen lässt, dass der Nutzer die Anzahl seiner Kontakte ausbaut.

**Reziprozität** Wie bereits in früheren Kapiteln erwähnt gibt ein Maß für Reziprozität Auskunft darüber, ob Kanten zwischen Knoten wechselseitig oder asymmetrisch angelegt sind. Als Maß für Reziprozität in sozialen Netzwerken wählt diese Arbeit den Katz-Powell-Index (im Verlauf auch  $\rho_{KP}$ ). Dieser nimmt Werte im Bereich  $-\infty < \rho_{KP} \leq 1$  an und zeigt an, ob Kanten eher erwidert werden (nahe 1) bzw. ob der Graph eher zu asymmetrischen Kanten tendiert (nahe bzw. kleiner 0).

Abbildung 4.8 zeigt, dass der Index zu Beginn langsam ansteigt und im ersten Drittel sein vorläufiges Maximum erreicht. Der allgemein eher hohe Wert zwischen 0.4 und 0.5 deutet darauf hin, dass in diesem Graphen Kanten eher erwidert werden. Zu beachten ist jedoch der starke Fall ins Negative im Oktober 2013, der anzeigt, dass der Graph eher zu asymmetrischen Kanten neigt.

**Thematische Teilgraphen** Der gesamte Snapshot-Graph  $G$  des Nutzers umfasst alle Interaktionen, die in einem Monat stattfinden. Kanten manifestieren sich von Ego zu Alteri



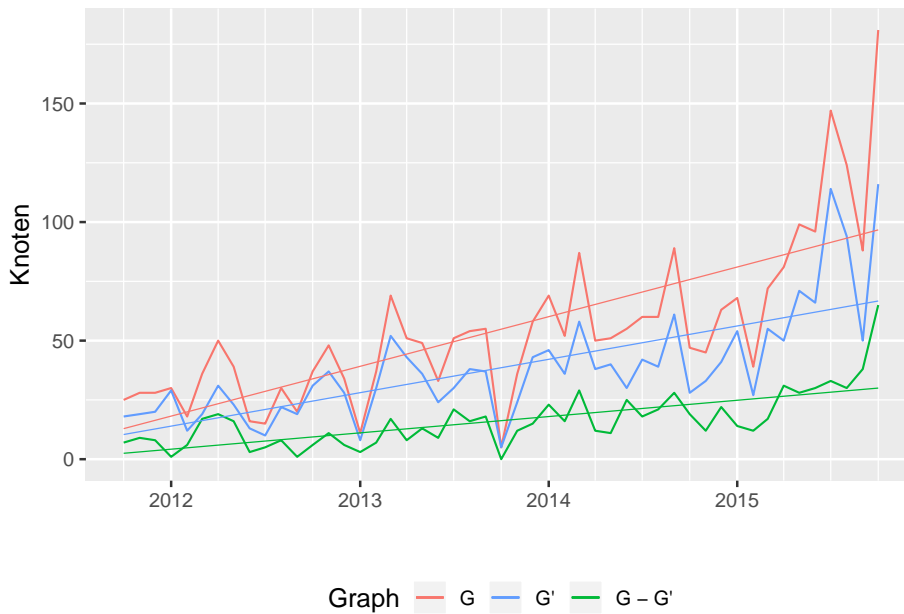
**Abbildung 4.8:** Katz-Powell-Index  $\rho_{KP}$  angetragen über die gesamte Zeit.

wenn der eine auf einen Kommentar des anderen reagiert. Für Ego ist bekannt, in welchen fünf Topics er in einem Monat am meisten Kommentare erstellt hat, für Alteri ist jeweils ein Topic bekannt. Sei nun  $G'$  der Teilgraph, der entsteht, wenn man alle Kanten zu Alteri entfernt, die kein Topic mit Ego gemeinsam haben. Die verbleibenden Knoten sind dann Nutzer, die sich für ein Topic interessieren, in dem auch Ego in diesem Monat aktiv ist.

In Abbildung 4.9 ist für jeden der beiden Graphen  $G$  und  $G'$  die Zahl der Knoten  $|G|$  und  $|G'|$  sowie deren Differenz  $|G| - |G'|$  im zeitlichen Verlauf angetragen;  $|G|$  wird auch als *Ordnung* des Graphen bezeichnet. Die Differenz der beiden Ordnungen bezeichnet hier die Menge der Knoten, die kein thematisches Interesse mit Ego teilen. Diese Größe wird 0, wenn alle Knoten des gesamten Graphen auch im Teilgraphen enthalten sind, die „thematische Überdeckung“ von Ego und Alteri also maximal ist. Die Abbildung zeigt, dass die Differenz nahe 0 einsetzt, im Verlauf der Zeit jedoch zunimmt, wenn auch langsamer als die beiden Ordnungen. Daraus lässt sich schließen, dass der Nutzer wohl zugleich mit einer Ausweitung seiner Interaktionen diese auch diversifiziert.

**Reziprozitäten im Teilgraph** Neben der Ordnung lässt sich auch die Reziprozität des thematischen Teilgraphen bestimmen. Erneut wird dazu der Index von Katz und Powell herangezogen. Die Konstruktion des Teilgraphen erfolgt ähnlich wie im vorherigen Abschnitt, allerdings wird auch Ego auf das Topic festgelegt, in dem er am aktivsten ist; nachfolgend wird dieser Teilgraph auch als „monothematisch“ bezeichnet, da nur mehr ein einzelnes Topic enthalten ist. Dadurch kann die Frage beantwortet werden, ob Nutzer dazu neigen, zu Gleichgesinnten eher symmetrische Beziehungen aufzubauen.

Die Vermutung liegt nahe, dass Kanten zu Gleichgesinnten eher wechselseitig ausfallen als Kanten zu Nutzern, mit denen man keine Interessen teilt. Um dies zu prüfen, werden für den gesamten Graph  $G$  und den „monothematischen“ Teilgraph  $G'$  die Indizes berechnet,

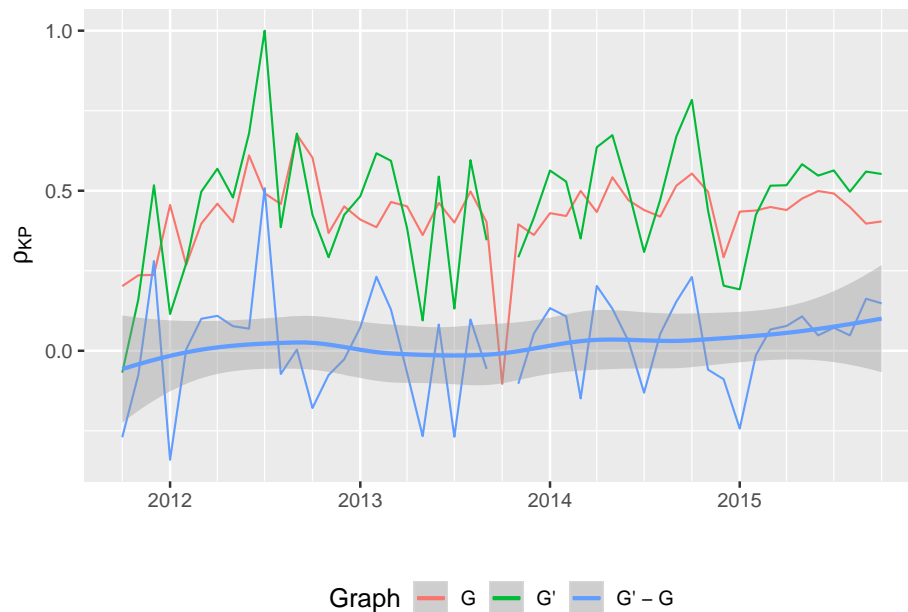


**Abbildung 4.9:** Ordnung des gesamten Graphen  $G$  und des thematischen Teilgraphen  $G'$ , sowie derer Differenz  $|G| - |G'|$ . Die angetragenen Regressionsgeraden verdeutlichen das unterschiedliche Wachstum der Größen.

sowie die Differenz der beiden Größen,  $\rho_{kp}(G') - \rho_{KP}(G)$ . Diese wird umgekehrt zu der im vorherigen Abschnitt gebildet, da vermutet wird, dass der thematische Teilgraph höhere Indexwerte aufweist als der Gesamtgraph, und die Differenz damit positiv bleibt, was bei der Interpretation hilft. Abbildung 4.10 bestätigt die Vermutung in Teilen. Der Index nimmt für den Teilgraphen tatsächlich häufig höhere Werte an, dieser tendiert also eher zu wechselseitigen Kanten; allerdings kehrt sich der Index auch ins Negative und oszilliert um die 0. Bemerkenswert ist das Loch im Oktober 2013, das dadurch zu erklären ist, dass für den Index an dieser Stelle kein sinnvoller Wert berechnet werden kann, da der Graph, für den er bestimmt werden soll, leer ist. In diesem Kontext enthält also der Teilgraph, in dem alle Knoten dasselbe Topic haben wie Ego, gar keine Knoten – Ego hat in diesem Monat keine Alteri, die sein Interesse teilen.

**Größe der Teilgraphen** Die abschließende Betrachtung gilt der Anzahl an Knoten und Kanten in den jeweiligen Teilgraphen. Mittels der Zahl der Knoten kann festgestellt werden, mit wie vielen Alteri der Nutzer kommuniziert, die Zahl der Kanten gibt Aufschluss darüber, wie viele Interaktionen stattfinden. Abbildung 4.11 zeigt diese beiden Maße für jedes Topic, in Abbildung 4.12 wird speziell Topic 239 in den Fokus gerückt.

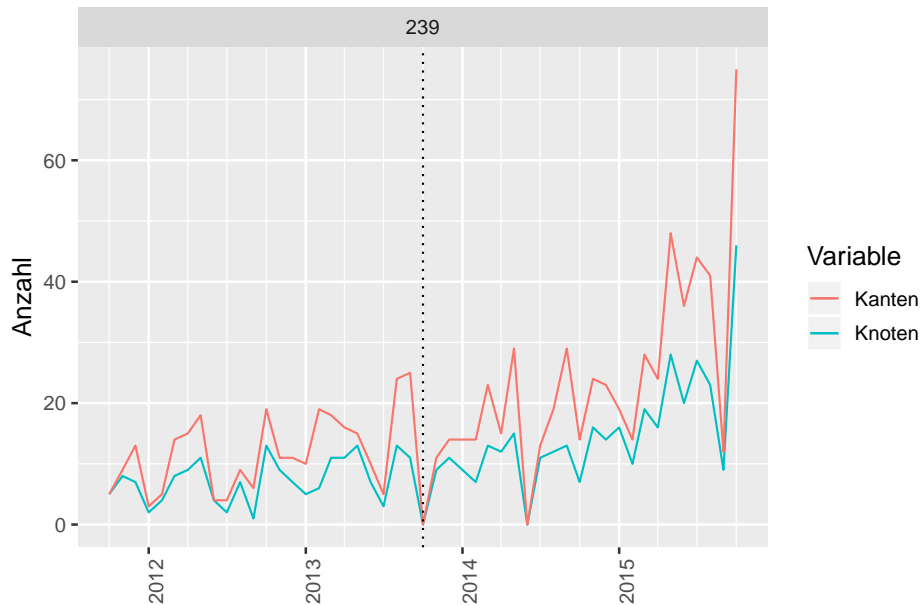
Die Verteilung der Kanten in Abbildung 4.12 weist in den Monaten vor dem Verlassen im Oktober 2013 vergleichsweise viele Kanten zu wenigen Knoten auf. Hier könnte ein Indiz für den „Bruch“ mit diesem Topic liegen, zumal sich diese Beobachtung im Juni 2014 wiederholt. So ist es denkbar, dass der Nutzer einen regen Austausch mit wenigen Einzelpersonen erlebt hat, der ihn dazu veranlasst hat, dieses Topic in der Folge zu meiden. Ebenso denkbar ist es aber auch, dass externe Gründe aus der physischen Welt dafür



**Abbildung 4.10:** Index von Katz und Powell für den monothematischen Teilgraphen der entsteht, wenn man Ego und Alteri auf ihr aktivstes Topic reduziert und nur Kanten zwischen Nutzern mit gleichen Topics zulässt. Ebenfalls dargestellt ist die Differenz der beiden Größen, die 0 wird, wenn beide Graphen gleich reziprok sind, gegen -1 geht wenn der Gesamtgraph eher wechselseitig und gegen +1 wenn der Teilgraph eher symmetrisch angelegt ist.



**Abbildung 4.11:** Verteilung der Knoten und Kanten in den thematischen Teilgraphen.



**Abbildung 4.12:** Verteilung der Knoten und Kanten im thematischen Teilgraphen von Topic 239.

verantwortlich sind, etwa ein Urlaub oder ein Umzug. Klar ist, dass an dieser Stelle keine definitive Antwort gegeben werden kann, und dass weitere Methoden herangezogen werden müssen, um diese Frage zu klären.

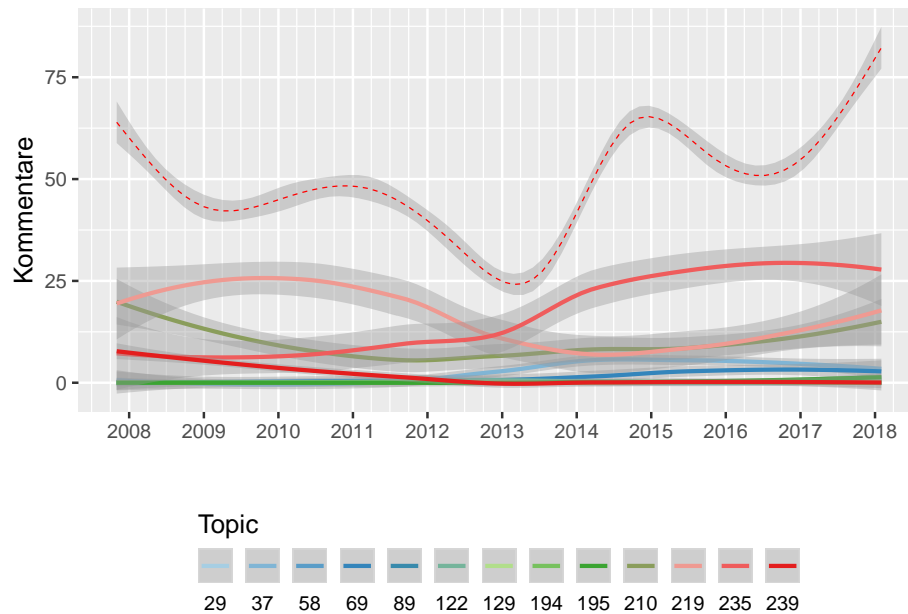
#### 4.2.2 cavedave

Im vorherigen Kapitel wurde exemplarisch für einen Nutzer eine Analyse der Topic-Historie sowie der Interaktionsgraphen unternommen. Die dort unternommenen Gedankengänge werden hier für einen weiteren Nutzer fortgeführt.

**Zahl der Kommentare** Der Nutzer „cavedave“ ist im Datensatz über den gesamten zeitlichen Verlauf von 124 Monaten enthalten. Er hat insgesamt 7.734 Kommentare erstellt, also 62,37 im monatlichen Mittel.

Die Dynamik des Kommentarverhaltens zeigt Abbildung 4.13. Die Summe aller in einem Monat erstellten Kommentare (rot gestrichelte Linie) fällt bereits, als der Beobachtungszeitraum einsetzt. Sie besitzt zudem mehrere lokale Minima und Maxima sowie zu Beginn des Jahres 2013 ein globales Minimum; das globale Maximum erreicht sie am äußersten rechten Rand, dem Ende des Untersuchungszeitraums im Februar 2018.

Unterhalb der Linie, die die Summe aller Kommentare abbildet, sind die Topics im Einzelnen aufgeschlüsselt. Hier zeigt sich, dass auch innerhalb der Topics eine gewisse Fluktuation herrscht. So fällt etwa die dunkelrote Linie, die Topic 239 darstellt, ebenfalls am Beginn des Zeitraums und verlässt im weiteren Verlauf den Bereich um die 0 nicht mehr. Hervorzuheben ist auch die Kreuzung der beiden Linien für Topic 219 und 235 um den Beginn des Jahres 2013 herum. Während cavedave weniger Kommentare in Topic 219 verfasst, nimmt seine Aktivität in 235 allmählich zu und erreicht ab Mitte 2013 sogar das einstweilige Maximum



**Abbildung 4.13:** Anzahl Kommentare je Topic über die Zeit aufgetragen. Dargestellt sind LOESS-Regressionen über die Zahl der je Monat erstellten Kommentare; die gestrichelte rote Linie stellt die Summe aller Kommentare eines Monats dar.

im Vergleich zu allen anderen Topics. Es sieht so aus, als „rette“ Topic 235 noch einmal die allgemein fallende Tendenz, auf Reddit Kommentare zu erstellen.

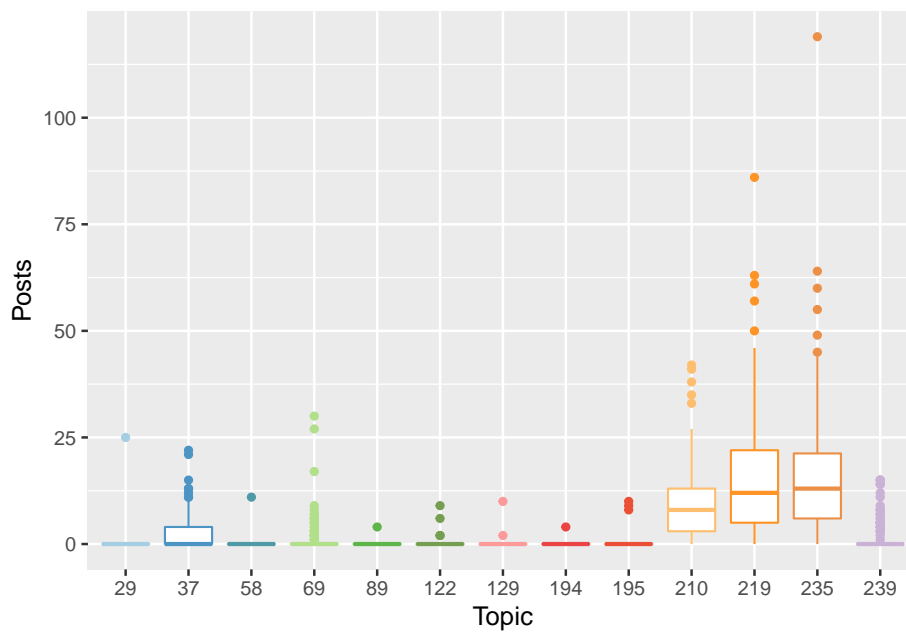
Im weiteren Verlauf wird daher ein besonderer Fokus auf den Zeitraum zwischen Januar 2012 und Januar 2014 gelegt, da sich hier die größte Dynamik im Kommentarverhalten zeigt. Anders als bei der vorherigen Betrachtung von monocasa wird hier der Beobachtungszeitraum nicht weiter eingeschränkt.

**Verteilung der Kommentare** Eine Sicht auf die Verteilung innerhalb der Topics bietet Abbildung 4.14. Nochmals deutlicher als in der vorherigen Abbildung treten hier die Topics 210, 219 und 235 als Hauptinteresse des Nutzers hervor. Bei allen drei liegt der Median um 12,5 Kommentare, die Extrema von 219 und 235 übersteigen mit 86 bzw. 119 Kommentaren deutlich das monatliche Mittel von 62,37. Allerdings ist darauf zu achten, dass Inhalte von Topic 235 hauptsächlich auf Reddit selbst bezogen zu sein scheinen; dies macht eine Analyse von Nutzerinteressen schwierig, da nicht erkennbar ist, was hier konkret thematisiert wird. Die beiden anderen Topics lassen sich in ihrer Ausrichtung deutlich trennschärfer als politisch (210) und wissenschaftlich (219) geprägt klassifizieren. Dennoch ist der Effekt, dass Topic 235 für den Nutzer in einem Zeitraum interessant wird, in dem seine Aktivität allgemein eher abnimmt, und sein Kommentarverhalten später sogar dominiert, so bemerkenswert, dass es bei der Analyse nicht außer Acht gelassen wird.

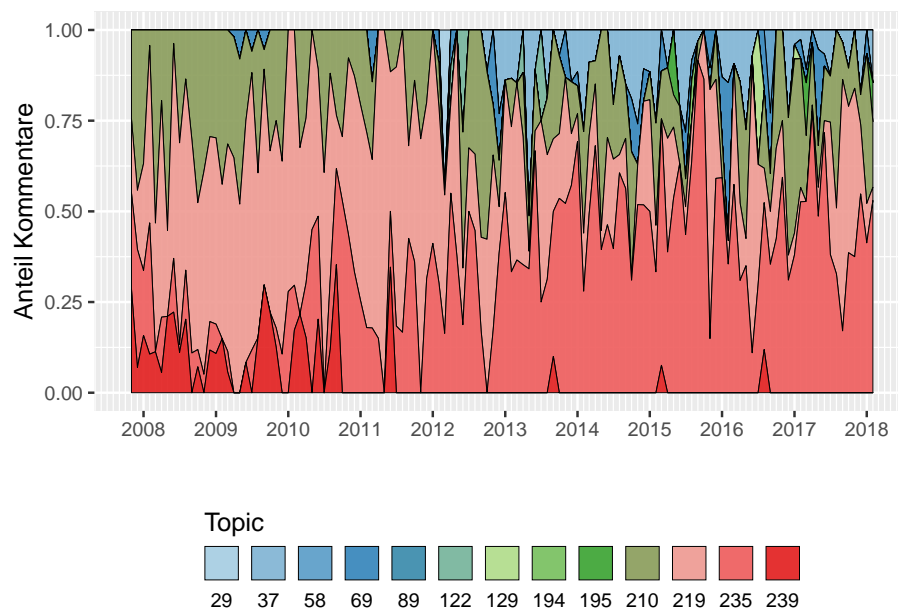
**Topic-Historie für Ego und Alteri** Neben der absoluten Zahl der Kommentare bietet es sich an, relative Anteile dieser Topics an den Kommentaren, aber auch an den Kontakten des Nutzers zu betrachten.

In Abbildung 4.15 ist der Verlauf der Topic-Anteile an den Kommentaren von cavedave

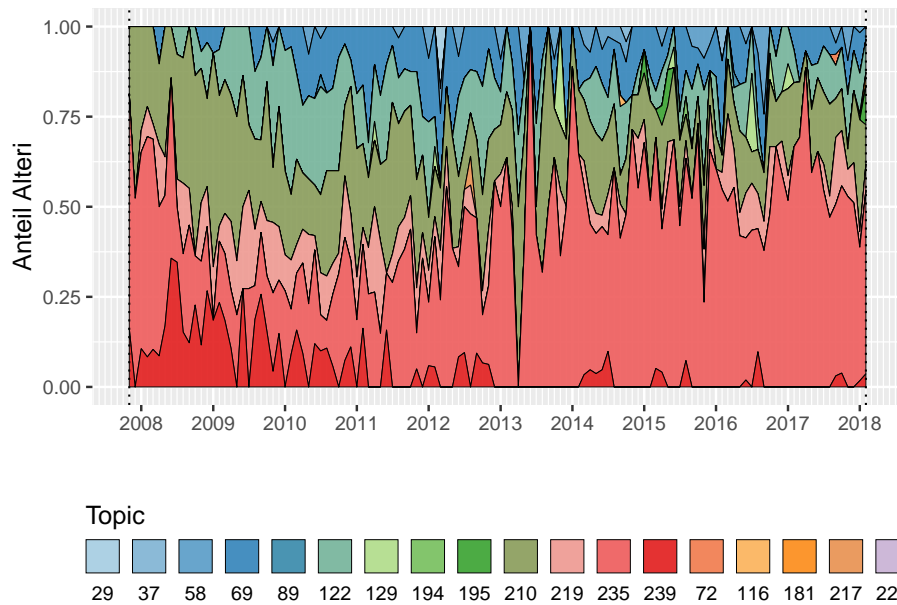




**Abbildung 4.14:** Verteilung von Kommentaren über Topics.



**Abbildung 4.15:** Topic-Verteilung von Egos Kommentaren. Dargestellt sind die relativen Anteile eines Topics an allen Kommentaren, die Ego in einem gegebenen Monat erstellt.



**Abbildung 4.16:** Topic-Verteilung der Alteri im lokalen Netzwerk. Dargestellt ist der Anteil der Alteri, deren Hauptinteresse in dem jeweiligen Monat dem dargestellten Topic gilt.

dargestellt. Auch hier zeigt sich, dass der Anteil von Topic 219 an der Kommunikation des Nutzers zugunsten von Topic 235 abnimmt. Bislang verborgen geblieben ist allerdings die Tatsache, dass der Nutzer in Topic 239, das sich mit technischen Themen auseinandersetzt, zu Beginn des Zeitraums durchaus aktiv war, diese Aktivität nach einem kurzen letzten „Aufbäumen“ Mitte 2011 jedoch so gut wie eingestellt hat. Um möglichen Gründen für dieses Ausscheiden nachzugehen, wird auch Topic 239 bei der weiteren Untersuchung berücksichtigt.

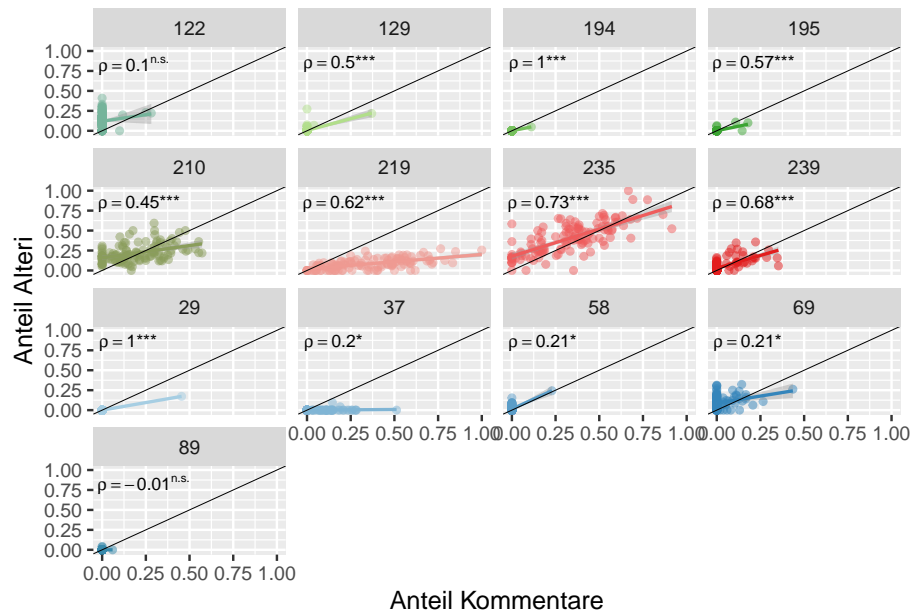
Abbildung 4.16 zeigt den Verlauf der Zugehörigkeit der Alteri zu einem Topic. Alle Alteri der monatlich erstellten Ego-Netzwerke werden auf das Topic reduziert, in dem sie zu diesem Zeitpunkt die meisten Kommentare verfasst haben. Die Darstellung zeigt den Anteil, den die Nutzer eines Topics am lokalen Netzwerk von cavedave haben.

Auffällig ist, dass sich Topic 219 nur wenige Alteri widmen, obwohl anfänglich ein großer Teil von Egos Kommunikation darauf entfällt. Der Abwärtstrend von Topic 239 spiegelt sich auch in dieser Darstellung wider; scheinbar unterlässt der Nutzer nicht nur die aktive Beteiligung an dieser Community, sondern auch den Kontakt zu deren Mitgliedern.

Die weitere Betrachtung wird sich wegen der hier dargestellten Beobachtungen hauptsächlich den Topics 219, 235 und 239 widmen, im Falle von 219 und 235 dabei vor allem dem Übergangszeitraum zwischen Januar 2012 und Januar 2014.

**Korrelation der Anteile** Die Vermutung, dass die beiden Topic-Anteile von Kommentaren bzw. Nutzern positiv korreliert sind, wurde bereits für monocasa zumindest für die Topics bestätigt, denen der Nutzer einen Großteil seiner Aktivität widmet.

Die Streudiagramme in Abbildung 4.17 zeigen ähnliche Ergebnisse für cavedave. Mit



**Abbildung 4.17:** Die beiden Anteile an Topic-Zugehörigkeit, gegeneinander aufgetragen. Die x-Achse zeigt den relativen Anteil Kommentare, die Ego in einem Topic verfasst, die y-Achse den Anteil Alteri, der sich diesem Topic hauptsächlich widmet. Spearmans  $\rho$  zeigt die Stärke der Korrelation (\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$ , *n.s.* nicht signifikant).

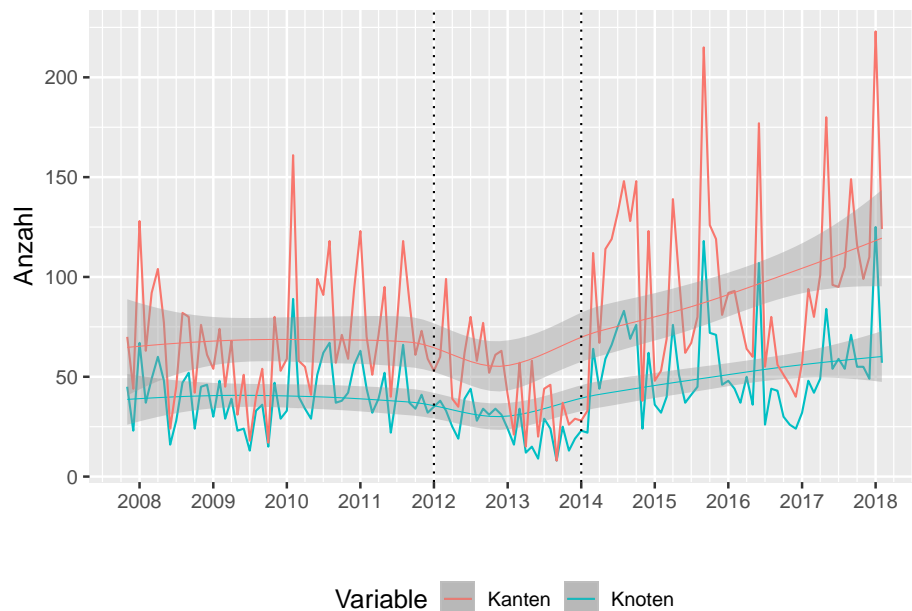
Ausnahme der Topics 122 und 89 sind alle Korrelationen statistisch signifikant, für Korrelationen mit  $r = 1$  liegen jedoch in diesem Fall zu wenig Datenpunkte mit Werten größer Null vor. Bei Topic 219 fällt zudem auf, dass sich die Regressionsgerade unterhalb der Diagonalen bewegt. Hier erstellt Ego also mitunter einen hohen Anteil an Kommentare, obwohl der Anteil der Alteri an diesem Topic eher gering ausfällt (meist weniger als 25%).

**Attraktivität von Topics** Im vorherigen Kapitel wurde bereits die Idee der Attraktivität eines Topics erwähnt und versucht, diese über Wahrscheinlichkeiten auf Kommentaren bzw. Alteri zu definieren; dieser Ansatz wird auch hier verfolgt.

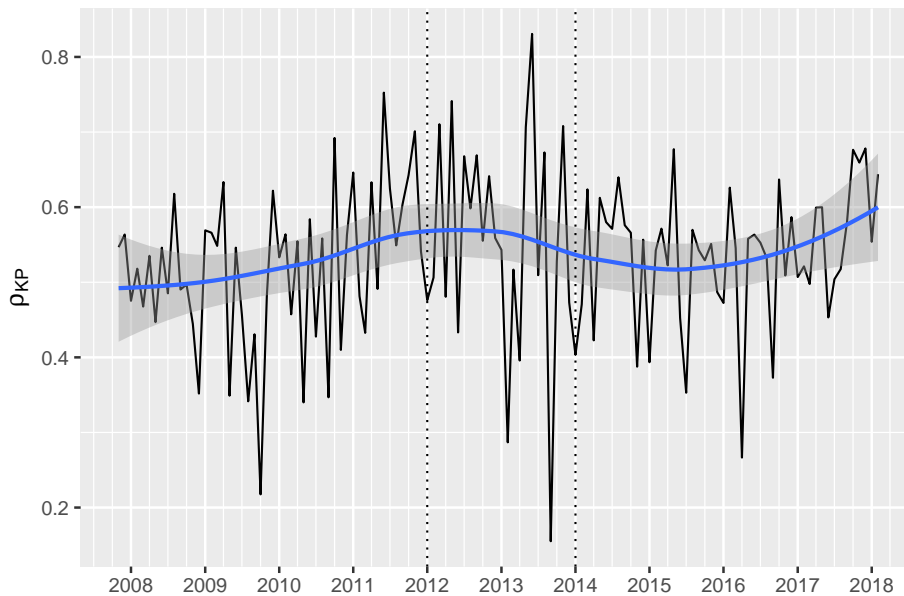
Der Wert für die Attraktivität eines Topics ist in Abbildung 4.18 für jedes Topic über die Zeit angetragen. Der Bereich zwischen den gepunkteten Linien bei Topic 219 und 235 stellt den Übergangszeitraum dar. Wenig überraschend sinkt die Attraktivität von 219, während die von 235 ansteigt. Vor allem für Topic 235 schwankt die Anziehungskraft stark und fällt gelegentlich auf 0 ab. Möglicherweise ist dieses Schwanken ein Indiz für einen angestrebten, aber nicht erfolgreichen Ausgleich zwischen den beiden Kräften: steigert Ego den Anteil seiner Kommentare in einem Thema, erreicht damit aber nicht den Ausbau seiner Interaktionen mit anderen Nutzern des Themas, fährt er unter Umständen seine Anstrengungen zurück. Andererseits kann ein bestimmter Anteil an Alteri, die in einem Topic aktiv sind, das lokale Netzwerk wieder verlassen, wenn Ego nicht auf sie eingeht. Indes deckt sich die Anziehungskraft von Topic 239 mit der bisherigen Analyse: das Topic übt initial geringe Attraktivität aus, verliert aber selbst diese nach dem ersten Drittel, und erlangt sie auch nicht zurück.



**Abbildung 4.18:** Attraktivität angetragen über den zeitlichen Verlauf. Die gepunktete Linie kennzeichnet den Zeitpunkt des Verlassens von Topic 239. In dieser Darstellung enthalten sind alle Topics, deren Attraktivität in Summe echt größer 0 ist.



**Abbildung 4.19:** Zahl der Knoten sowie Kanten des lokalen sozialen Netzwerks, angetragen über die Zeit.



**Abbildung 4.20:** Katz-Powell-Index  $\rho_{KP}$  angetragen über die gesamte Zeit.

**Analyse des Ego-Netzwerks** Die bisherige Betrachtung galt in erster Linie der Topic-Historie von Ego und Alteri. Dieser nächste Teil widmet sich nun der Analyse der Interaktionsgraphen des Nutzers.

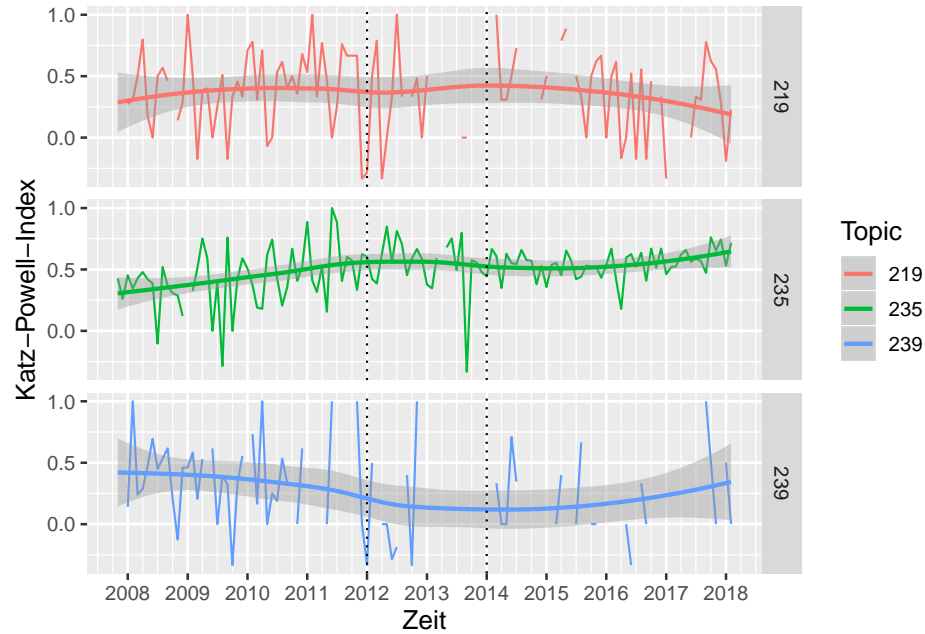
Dazu soll der Blick zuerst auf die Entwicklung der Größe dieser Graphen gerichtet werden, um ein Gefühl dafür zu bekommen, ob der Nutzer seine Interaktionen mit der Zeit eher ausbaut oder verringert.

Abbildung 4.19 visualisiert die zeitliche Entwicklung der Zahl der Knoten und Kanten der monatlichen Snapshot-Interaktionsgraphen. Die gepunkteten Linien markieren wie zuvor den Zeitraum des Übergangs zwischen 219 und 235. Dabei fällt auf, dass in diesem Zeitraum die Zahl der Knoten abnimmt und zeitweise auf unter 25 fällt, wie auch die Zahl der Kanten. Zur Erinnerung: die Zahl der Kanten entspricht den Kommunikationsakten, egal in welcher Richtung (Ego richtet Kommentar an Alteri bzw. *vice versa*). Offenbar ist die markierte Periode von einem Zeitraum allgemein geringer Aktivität gekennzeichnet; ein Aufschwung ist erst wieder im ersten Quartal von 2014 zu beobachten.

**Reziprozität** Die Entwicklung der Reziprozität zeigt Abbildung 4.20 anhand des Index  $\rho_{KP}$ . Auch hier ersichtlich, dass der markierte Zeitraum von hoher Dynamik geprägt ist. Die Regressionskurve markiert zwar einen Abschnitt hoher Tendenz zu wechselseitigen Kanten; allerdings liegen hier auch das globale Maximum und Minimum. Werden noch im Juni 2013 fast alle Kanten erwidert ( $\rho_{KP} = 0.83$ ), ist diese Tendenz drei Monate später nahezu nicht mehr vorhanden ( $\rho_{KP} = 0.16$ ).

Diese globale Sicht auf den gesamten Graphen ist nicht ideal, um Entwicklungen einzelner Topics zu betrachten. Daher ist in Abbildung 4.21 die zeitliche Entwicklung für die drei Topics dargestellt, die genauer betrachtet werden sollen.

Für Topic 239, in dem cavedave bis Mitte 2011 noch aktiv war, zeigt sich ein Abwärtstrend

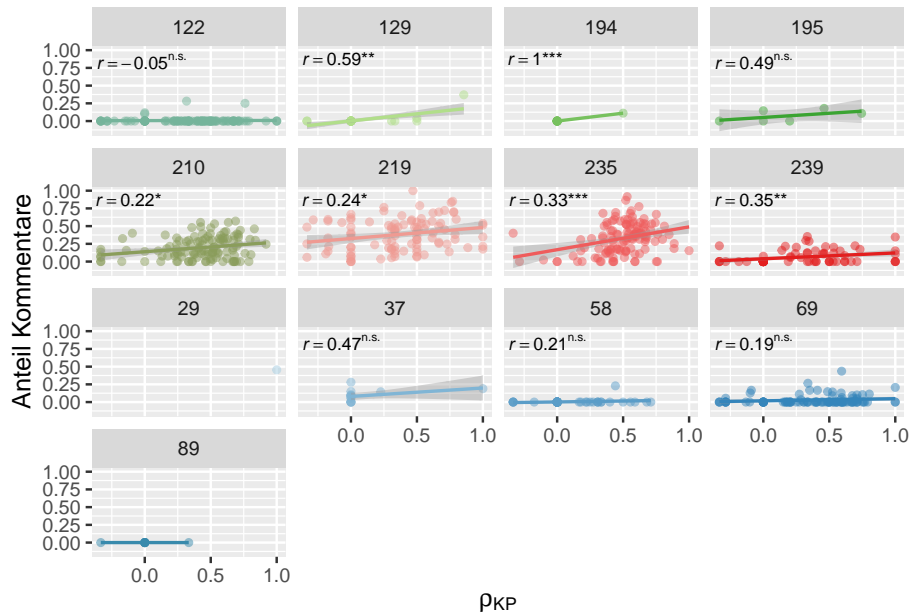


**Abbildung 4.21:** Katz-Powell-Index des thematischen Teilgraphen im zeitlichen Verlauf, je Topic. Die Graphen sind Sichten auf den gesamten Graph, die nur Nutzer eines einzelnen Topics enthalten.

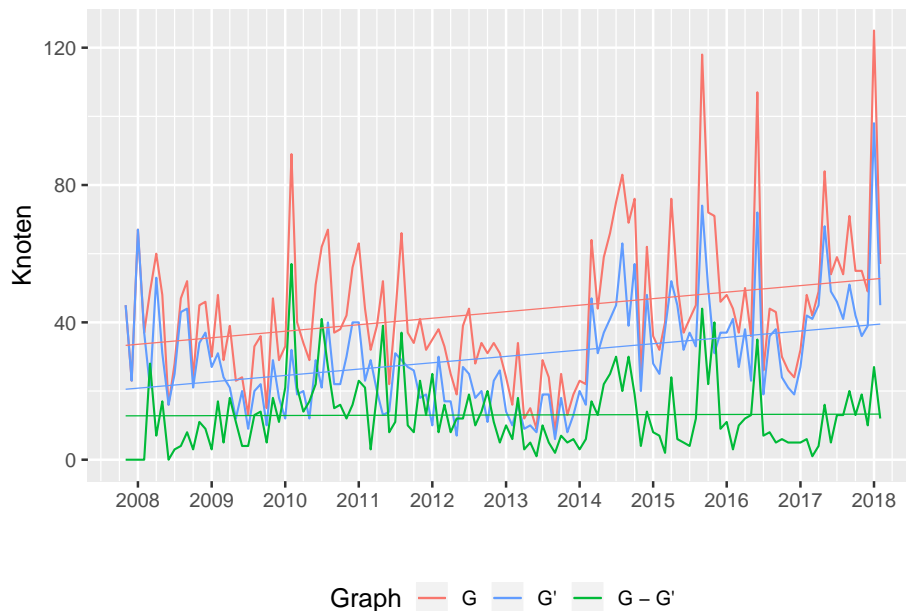
der wechselseitigen Beziehungen, bzw. treten ab 2011 vermehrt Löcher in der grafischen Darstellung auf, die darauf zurückzuführen sind, dass keine Alteri vorhanden sind, die dieses Topic teilen. Bei Topic 219 fällt auf, dass der Wert des Index einige Male ins Negative fällt, bevor der Nutzer anfängt, hier seine Aktivität einzuschränken; zudem treten in der Kurve für dieses Topic ebenfalls markante Löcher auf. Gleichzeitig steigt der Index für Topic 235, welches 219 sozusagen „ablöst“, im markierten Zeitraum noch einmal an. Diese Entwicklung könnte ein Indiz dafür sein, dass wechselseitige Kanten Einfluss darauf haben, ob ein Nutzer in einem Topic aktiv bleibt oder es verlässt, bzw. analog für das „Betreten“ eines neuen Topics; die Korrelation des Katz-Powell-Index und des Anteils an Kommentaren fällt indes durchweg eher schwach aus, wie Abbildung 4.22 verdeutlicht.

**Struktur thematischer Teilgraphen** Schließlich soll wie bei monocasa auch die Struktur der thematischen Teilgraphen betrachtet werden. Diese werden gebildet, indem für alle Alteri vorausgesetzt wird, dass sie in einem Topic aktiv sind, in dem auch Ego aktiv ist. „Monothematisch“ Teilgraphen sind hier solche, bei denen auch Ego auf das Topic festgelegt wird, in dem er am aktivsten ist.

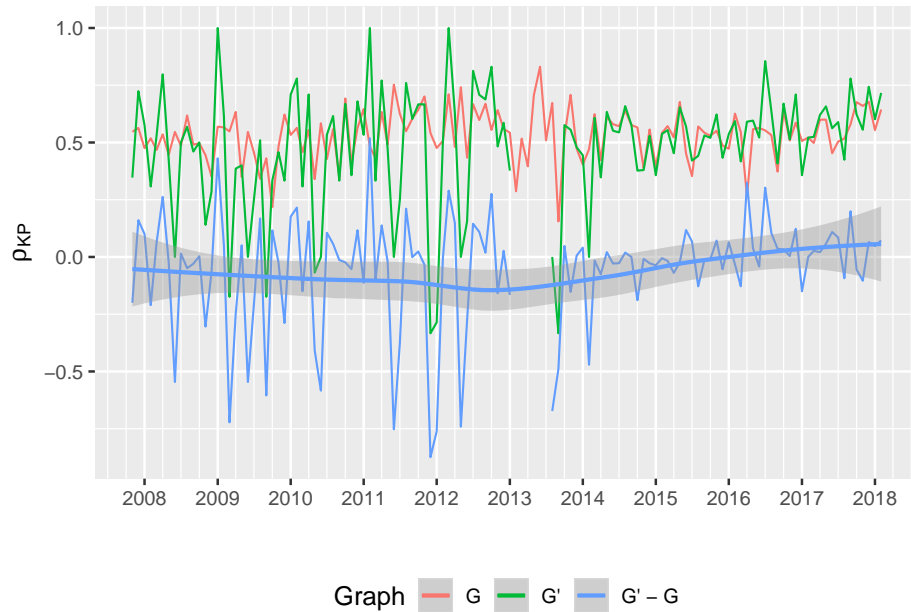
Für (mono-)thematische Teilgraphen  $G'$  lässt sich untersuchen, wie hoch ihre Überdeckung mit dem Gesamtgraphen  $G$  ist. Dazu bilden wir schlicht die Differenz der beiden Ordnungen  $|G|$  und  $|G'|$ ; Abbildung 4.23 zeigt dies im zeitlichen Verlauf für den schwächer definierten Teilgraphen, bei dem Alteri eines der fünf Topics von Ego teilen. Dabei fällt auf, dass die Differenz nahezu konstant bleibt und sowohl der Graph als auch der thematische Teilgraph annähernd gleich stark wachsen. Trotz lokaler Schwankungen gelingt es dem Nutzer, eine konstante Zusammensetzung seiner Alteri zu erreichen und beizubehalten;



**Abbildung 4.22:** Korrelation von  $\rho_{KP}$  und dem Anteil der Kommentare je Topic. Spearmans  $\rho$  zeigt die Stärke der Korrelation (\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$ )



**Abbildung 4.23:** Ordnung des gesamten Graphen  $G$  und des thematischen Teilgraphen  $G'$ , sowie deren Differenz  $|G| - |G'|$ . Die angetragenen Regressionsgeraden verdeutlichen das Wachstum der Größen.



**Abbildung 4.24:** Katz-Powell-Index für den monothematischen Teilgraphen der entsteht, wenn man Ego und Alteri auf ihr aktivstes Topic reduziert und nur Kanten zwischen Nutzern mit gleichen Topics zulässt. Ebenfalls dargestellt ist die Differenz der beiden Größen, die 0 wird, wenn beide Graphen gleich reziprok sind, gegen -1 geht wenn der Gesamtgraph eher wechselseitig und gegen +1 wenn der Teilgraph eher symmetrisch angelegt ist.

es sei darauf hingewiesen, dass cavedave für alle 124 Monate im Datensatz enthalten ist, also durchaus als „Langzeitnutzer“ bezeichnet werden kann. Unter Umständen ist diese konstante Entwicklung eine Ursache für langanhaltende Identifikation mit der Plattform.

Für die monothematischen Teilgraphen, in denen nur die Alteri enthalten sind, die Egos aktivstes Topic teilen, wird schließlich ebenfalls der Katz-Powell-Index berechnet. Abbildung 4.24 zeigt diesen für den gesamten Graph  $G$ , für den Teilgraph  $G'$ , sowie deren Differenz. Hier sind zwei Beobachtungen von besonderem Interesse; zum Einen nimmt die Differenz des Index zumeist negative Werte an, im Gesamtgraph werden Kanten also eher erwidert. Zum Anderen existiert zwischen Januar und August 2013 ein Loch in der Kurve des Teilgraphen und der Differenz, der monothematische Teilgraph ist in diesem Zeitraum also leer. Anders gesagt gibt es keine Alteri, die in dieser Zeit hauptsächlich in dem Topic aktiv sind, in dem auch Ego aktiv ist. Diese Phase ist es auch, die vom Umbruch zwischen Topic 219 und 235 gekennzeichnet ist. Möglicherweise ist das Fehlen von Kontakten mit demselben Interesse eine Ursache hierfür, denn nach diesem Zeitraum beginnt die Differenz der Reziprozitätsmaße zu steigen, der Teilgraph tendiert also vermehrt dazu, Kanten zu erwidern. Zudem schwankt der Index ab etwa Januar 2014 merklich weniger als noch in den Monaten zuvor, die thematische Ausrichtung von Ego und Alteri hat sich „eingependelt“.



### 4.3 Diskussion

In den vorangegangenen Kapiteln wurde das Resultat der Topic-Modellierung dargelegt sowie eine Fallstudie für zwei Nutzer vorgestellt, deren Ergebnisse hier noch einmal diskutiert und interpretiert werden sollen. Zudem werden mögliche Ansätze für weitere Forschungsarbeit aufgezeigt.

#### 4.3.1 Topic-Model

**Pre-processing der Daten** In Kapitel 3.3 wurde das methodische Vorgehen bei der Vorbereitung der Inhalte für ein LDA-Modell erläutert. Es wurde erwähnt, dass eine Entfernung von Stoppwörtern nicht unternommen wurde. Im erstellten Topic-Modell hatte dies zur Folge, dass sich einige Topics nicht trennscharf als eigenständige Community abgrenzen ließen. Dennoch kann es sein, dass durch die Entfernung von Stoppwörtern, etwa mittels Stoppwortlisten, wichtige Informationen verloren gehen. Viele vorgefertigte Stoppwortlisten enthalten Artikel und Personalpronomen, die jedoch ein wichtiger Informationsträger sein können, lassen sie doch meist Schlüsse auf die Psyche der Autoren zu. Beispielsweise haben De Choudhury et al. [11] festgestellt, dass sich vorhersagen lässt, ob ein Nutzer, der in seiner Online-Kommunikation psychische Erkrankungen thematisiert, in Zukunft auch Suizidvorstellungen thematisieren könnte. Sie stellen dabei fest, dass Nutzer, die vermehrt Personalpronomen der 1. Person Singular verwenden, eher dazu neigen, ihren Diskurs hin zu suizidalen Themen zu verschieben; zugleich weist ihre Sprache weniger Pronomen der zweiten und dritten Person sowie der ersten Person Plural auf, was auf geringes Interesse an anderen Nutzern hindeutet. Daher ist eine Evaluation sinnvoll, ob die Güte des Modells tatsächlich davon profitiert, diese Wörter zu entfernen.

Gleiches gilt für weitere gängige Verfahren der Normalisierung von Texten, wie sie in der Computerlinguistik Anwendung finden, etwa dem *Stemming*, also der Normalisierung zum Wortstamm.

**Textkorpus** Ebenso bietet es sich an, bei der Konstruktion des Korpus, auf dem das LDA-Modell bestimmt werden soll, weitere Inhalte zu berücksichtigen. In dieser Arbeit wurden die Titel der obersten 50 Beiträge aus dem „Top“-Listing von Reddit herangezogen. Dadurch ist gewährleistet, dass insbesondere auch ältere Beiträge nicht von der Betrachtung ausgeschlossen sind, denn „Top“ liefert die best-bewerteten Beiträge aller Zeit. Unter Umständen führt dies jedoch auch zu einer Verzerrung, da ältere Beiträge prinzipiell mehr Zeit hatten, Bewertungen zu sammeln. Gegebenenfalls bietet es sich an, eine Stichprobe über alle Inhalte zu ziehen und daraus die Dokumente für das LDA-Modell zu erstellen.

**Anzahl der Topics** Das LDA-Modell ist im Wesentlichen parametrisiert durch den Parameter  $k$ , der die Zahl der zu bestimmenden Topics festlegt. Griffiths und Steyvers [16] evaluieren unterschiedliche Modelle, die sich jeweils nur in der Wahl von  $k$  unterscheiden. Dazu schätzen sie die bedingte Wahrscheinlichkeit  $P(w|T)$ <sup>13</sup> ab, dass ein durch

<sup>13</sup>Blei et al. [5] bezeichnen die Anzahl der Topics des Modells mit  $k$ , Griffiths und Steyvers weichen davon ab und wählen hierfür  $T$

$T$  parametrisiertes Modell die Wörter  $w$  des Korpus erzeugt. Ihr Korpus enthält nach Normalisierung 20.551 eindeutige und insgesamt 3.026.970 Wörter. Sie variieren die Zahl der Topics zwischen 50 und 1.000 und kommen zu dem Schluss, dass ein Modell mit  $k = 300$  in ihrem Fall den höchsten Wert für  $P(w|T)$  liefert. Im Fall der vorliegenden Arbeit war eine solche Auswertung unterschiedlicher Modell-Konfigurationen nicht möglich, da die Größe des Datensatzes ungleich höher ist, als im Artikel von Griffiths und Steyvers. Der vorliegende Subreddit-Korpus umfasst 1.488.451 eindeutige und 52.869.917 Wörter insgesamt, eine Evaluierung hätte also einen hohen zeitlichen Aufwand nach sich gezogen. Das R-Package *ldatuning* [20] setzt die Metrik nach Griffiths und Steyvers sowie einige weitere um und kann dazu genutzt werden, verschiedene Modelle zu evaluieren. Die Größe des Korpus hat dabei einen maßgeblichen Einfluss auf die Laufzeit der Evaluation.

**Selbstreferentialität von Reddit** Ein problematisches, aber zugleich interessantes Topic, das im Modell identifiziert wurde, ist Topic 235. Dieses enthält trotz der nachträglichen Entfernung von Stoppwörtern zu einem Großteil Funktions- und Füllwörter (siehe Tabelle B.1 im Anhang). Singer et al. [24] stellen fest, dass im Gegensatz zur Anfangszeit von Reddit der Anteil sogenannter *self posts*, also von Nutzern selbst erstellte Inhalte, im Verlauf der Zeit zunimmt. Sie bezeichnen dies als „Selbstreferentialität“ (*self reference*) im Gegensatz zum Teilen von Links auf andere Inhalte. Die schiere Größe von Topic 235 mit über 45.000 zugeordneten Subreddits könnte ein Effekt dieser Verschiebung in Richtung von Nutzern selbst erstellter Inhalte sein. Ohne genauere Betrachtung bleibt dies jedoch nur eine Vermutung. Ein möglicher erster Ansatz wäre etwa, die Art von Inhalten (Bild, Video, Text, Link) dieses Topics zu betrachten und den Anteil von *self posts* zu messen.

#### 4.3.2 Interaktionsgraphen

Für die beiden Nutzer *monocasa* und *cavedave* wurden die monatlichen Interaktionsgraphen mit Methoden der sozialen Netzwerkanalyse untersucht. Dabei wurden einige Maße bzw. Ideen skizziert, die hier noch einmal elaboriert werden sollen. Einführend seien jedoch die Ergebnisse der beiden Analysen kurz zusammengefasst.

**monocasa** Die Topic-Verläufe von *monocasa* weisen im Zeitraum um Oktober 2013 zwei Zäsuren auf, die auf ein Verlassen von Topic 239 hindeuten. Der Beobachtungszeitraum wurde daher zum Teil auf diese Phase fokussiert um zu ergründen, warum der Nutzer diese Community verlässt. Bei der Suche nach möglichen Ursachen hierfür wurde gezeigt, dass zwischen den Anteilen der Alteri und der Kommentare des Nutzers eine mittlere bis starke Korrelation vorliegt. Spearmans  $\rho$  beträgt im Fall von Topic 239 den Wert 0.7 und ist auf dem 0.1%-Niveau statistisch signifikant, es bestehen also lineare Beziehungen bei der Monotonizität dieser Größen: höhere Werte der einen bringen höhere Werte der anderen mit sich. Weiterhin wurde ein simples Maß für Attraktivität eines Topics entwickelt, das im Wesentlichen die Beobachtung bestätigt, dass Topic 239 zum Zeitpunkt des Austritts keine Anziehungskraft besitzt; dafür erreicht die Attraktivität von Topic 235 zu diesem Zeitpunkt ein globales Maximum. Möglicherweise hat also ein anderes Topic das Interesse

des Nutzers auf sich gezogen, sodass er ein anderes verlassen hat.

Für die monatlichen Snapshot-Graphen lässt sich die Zahl der Knoten und Kanten bestimmen und damit das Kommunikationsverhalten quantifizieren, denn die Knoten entsprechen individuellen Kommunikationspartnern, die Kanten der Anzahl an Kommentaren. Im Oktober 2013 erreichen diese beiden Größen ein Minimum um 0; der Nutzer scheint also nicht nur ein Topic zu verlassen, sondern die Plattform allgemein. Auch die Reziprozität erreicht in diesem Monat das globale Minimum, Kanten zwischen Ego und Alteri neigen dazu, eher asymmetrisch angelegt zu sein.

Die Feststellung, dass der Nutzer zu diesem speziellen Zeitpunkt die Plattform meidet, setzt sich auch bei der Betrachtung der thematischen Teilgraphen fort. In diesen existieren Kanten ausschließlich zwischen Ego und solchen Alteri, die ein gemeinsames Interesse mit Ego aufweisen. Bestimmt man zusätzlich die Reziprozität in diesen Teilgraphen, zeigt sich an der Stelle des Austritts ein Loch: der Graph weist keine Knoten auf, Ego teilt also mit keinem der Alteri ein Interesse.

An dieser Stelle lässt sich der Grund für ein Verlassen eines Topics bzw. der Plattform generell nicht konkret bestimmen. Auffällig ist jedoch, dass in den beiden Monaten vor der Zäsur im Oktober 2013 der Interaktionsgraph vergleichsweise viele Kanten enthält, deren Zahl dann jäh auf 0 fällt. Eine Betrachtung der Kommunikationsinhalte bzw. eine direkte Befragung des Nutzers könnte an dieser Stelle tieferen Einblick bieten; möglicherweise kam es zu einer Auseinandersetzung, auf die hin monocasa Reddit einstweilen verlassen hat; denkbar sind aber auch Ursachen im privaten Umfeld. Eine endgültige Erklärung kann an dieser Stelle nicht gegeben werden.

**cavedave** Über eine Betrachtung der Topic-Verläufe wurde festgestellt, dass der Nutzer cavedave zu Anfang in Topic 239 (Technologie- und IT-Themen) aktiv ist, diese Community jedoch nach einiger Zeit nahezu vollständig verlässt. Ebenso war ersichtlich, dass die beiden Topics 219 (Wissenschaft) und 235 (Reddit) einander zwischen Januar 2012 und Januar 2014 effektiv ablösen. Wie bei monocasa auch bestätigt sich die Vermutung der Korrelation der Anteile von Alteri und Kommentaren des Nutzers. Spearmans  $\rho$  gibt für die drei näher betrachteten Topics Werte zwischen 0.62 und 0.73 an, alle drei sind auf dem 0.1%-Niveau statistisch signifikant.

Die Betrachtung der Anziehungskraft der Topics zeigt, dass die Attraktivität von Topic 239 ab etwa 2011 auf 0 fällt, woraufhin der Nutzer diese Community verlässt; die Anziehungskraft von Topic 235 hingegen nimmt deutlich zu, während die von 219 abnimmt, die beiden lösen sich sozusagen ab.

Bei der Betrachtung der Größe der monatlichen Snapshot-Interaktionsgraphen fiel auf, dass im Zeitraum des Übergangs zwischen 219 und 235 generell eine Phase geringer Partizipation vorliegt, die erst endet, als der Nutzer ab etwa Mitte bis Ende 2013 in der neuen Community „angekommen“ ist. Ist diese Phase jedoch überwunden, steigert der Nutzer seine Aktivität erheblich, sowohl die Zahl der Knoten (Kommunikationspartner) als

auch der Kanten (Kommunikationsakte) steigen stark an. Ein Blick auf die Reziprozität der Interaktionsgraphen hat gezeigt, dass in dieser Phase ebenfalls geringe Tendenz besteht, Kanten zwischen Ego und Alteri zu erwidern, Interaktionen sind also meist einseitig angelegt; allerdings schwankt das Maß für Reziprozität teils erheblich und beginnt auch nach dem Übergang der beiden Topics nur langsam wieder zu steigen.

Differenziert man den gesamten Interaktionsgraphen in die einzelnen Topic-Communities, ergeben sich bei der Betrachtung der Reziprozität in diesen Teilgraphen im Zeitraum des Umbruchs deutliche Lücken. Offenbar unterhält der Nutzer keine Verbindungen mehr mit anderen Mitgliedern dieses Topics. Eine Korrelation der Reziprozität und der Kommentar-Anteile für die individuellen Communities fällt indes eher schwach aus. Bemerkenswert ist jedoch, dass die Reziprozität im monothematischen Teilgraphen, in dem nur Nutzer mit demselben Interesse wie Ego enthalten sind, in diesem Zeitraum des Übergangs leer ist. Es scheint, als hätte cavedave den Anschluss verloren und sein Interesse abgewandt, woraufhin eine Phase des Umbruchs folgt. Diese Phase endet jedoch, als er sich der Community um Topic 235 anschließt.

Abermals ist es an dieser Stelle nicht möglich, eine abschließende und endgültige Erklärung zu liefern. Die Ergänzung der quantitativen Analyse durch qualitative Forschungsmethoden scheint nötig, um sich der Ursache dieses thematischen Wandels nähern zu können.

**Attraktivität von Topics** Um die Anziehungskraft eines Topics zu bestimmen, wurde ein naives Maß entwickelt, das sich aus dem Produkt der Topic-Anteile von Kommentaren eines Nutzers und seinen Alteri bildet. Diesem Maß zugrunde liegt die Vermutung, dass sowohl das Interesse des Nutzers als auch sein Umfeld eine wichtige Rolle dabei spielen, ob er sich einer Community anschließt oder nicht. Dabei erscheint es sinnvoll, in Zukunft noch weitere Größen zu berücksichtigen, etwa die Reziprozität der Kanten, oder Eigenschaften der Alteri wie etwa Prestige.

**Thematische Teilgraphen** Schränkt man die Sicht auf den Interaktionsgraphen eines Nutzers weiter ein und fordert, dass ausschließlich Kanten zu Alteri berücksichtigt werden, die mit Ego Interessen gemeinsam haben, lassen sich thematisch enger eingegrenzte Strukturen untersuchen. Für diese thematischen Teilgraphen ließen sich beispielsweise Zentralitäts- und Verbundenheitsmaße bestimmen. Damit ergäbe sich ein Blick auf eine Themen-Community über – in diesem Fall – Subreddit-Grenzen hinweg. Zudem könnte der gesamte Prozess umgekehrt werden und ein einzelnes Subreddit in verschiedene Topics gegliedert werden. Das Resultat wären unterschiedliche Strömungen desselben Themas, was insbesondere bei politischen, wissenschaftlichen oder technischen Subreddits interessante Aspekte beleuchten könnte.

#### 4.3.3 Ausblick

Während der Bearbeitung ergaben sich zudem weitere Ideen für mögliche Forschungsarbeit, die in diesem letzten Abschnitt noch einmal zur Sprache gebracht werden sollen.

Forschung zu OSN ermöglicht es, das Verhalten der Nutzer besser verstehen und unter Umständen auch vorhersagen zu können. Damit kann eine Anpassung der Plattform an die Bedürfnisse der Nutzer realisiert werden. Ein möglicher Ansatz, der sich aus dieser Arbeit ergeben hat, ist die Nutzung von Topic-Modellen und dem Wissen über die Kontakte eines Nutzers, um diesem Communities vorzuschlagen. Ähnlich wie in dieser Arbeit sei dazu zu jedem Nutzer eine Verteilung der Topics bekannt, in denen er Kommentare verfasst. Ferner werde diese Verteilung auch für alle Alteri im Netzwerk des Nutzers erhoben. Fasst man die so erhaltenen Verteilungen von Topics als Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Kommentare eines Nutzers auf, lässt sich deren Ähnlichkeit bestimmen. Als Verfahren hierzu kommen etwa Kullback-Leibler- oder Jensen-Shannon-Divergenz in Frage. Kennt man die Ähnlichkeit der Verteilungen, lassen sich Ego weitere mögliche Topics vorschlagen: „Die Nutzer, mit denen du kommunizierst, interessieren sich für Topic XY, dies könnte auch für dich interessant sein“.

Weiterhin ließe sich LDA dazu einsetzen, versteckte Community-Strukturen sichtbar zu machen. Die Konzepte von Dokument, Wort und Topic werden hierzu gleichgesetzt mit Subreddit, Nutzer und Community. Der generative Prozess der LDA kennt analog zur textbasierten Variante die latente Verteilung von Communities über alle Subreddits. Um ein Subreddit bestehend aus Nutzern zu „erzeugen“, weist der Prozess jedem Subreddit eine Community-Verteilung zu und wählt anschließend für jeden zu erzeugenden Nutzer eine Community; aus der *a priori* bekannten Nutzer-Community-Verteilung wählt er dann einen konkreten Nutzer. So erhält man eine Community-Struktur, die sich über Subreddit-Grenzen hinweg erstreckt und stattdessen Nutzer in den Fokus rückt, die häufig gemeinsam in unterschiedlichen Subreddits aktiv sind. Die Untersuchung dieser Community-Strukturen mit Methoden der sozialen Netzwerkanalyse wäre ein sinnvoller zweiter Schritt.



### 5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde der Frage nachgegangen, ob das virtuelle soziale Umfeld eines Nutzers Einfluss auf seine Interessen sowie sein Interaktionsverhalten hat. Statistische Topic-Modelle und soziale Netzwerkanalyse wurden dazu genutzt, zwei komplexe Sachverhalte systematisch zu strukturieren und zu vereinfachen, um sie untersuchen und zu einem Gesamtbild zusammen setzen zu können.

Mittels Latent Dirichlet Allocation wurde zuerst ein Topic-Modell für Subreddits erstellt, um diese zu größeren thematischen Communities zusammen fassen zu können. Dazu wurde auf den Inhalten des „Top“-Listings der beliebtesten Beiträge der Subreddits ein LDA-Modell mit 256 Topics berechnet. Dieses Modell zeigt durchaus trennscharfe Communities, wie man sie auf Plattformen wie Reddit erwarten würde. So konnten etwa Themenkomplexe wie (US-)Politik, Wissenschaft, Technologie und IT identifiziert werden, aber auch Communities, die in ihrer Muttersprache kommunizieren, etwa Deutsch, Französisch oder Spanisch. Eine Betrachtung der Topic-Historien zweier Nutzer zeigte, dass deren Interessen keineswegs auf ein Topic fixiert, sondern vielmehr über ein Spektrum verschiedener Themen verteilt sind. Dadurch lassen sich auch Phasen des Übergangs zwischen Topic-Communities erkennen.

Mögliche Gründe für eine Wanderungen zwischen Communities wurden in der Struktur des sozialen Netzwerks der Nutzer vermutet. Um dieser Vermutung nachzugehen, wurde ein umfangreicher Datensatz an Reddit-Kommentaren ausgewertet. Für jeden Nutzer wurde ein lokales, egozentrisches Netzwerk erstellt, in dem die Interaktionen mit anderen abgebildet sind. Durch Analyse der Struktur und Größe dieser Netzwerke konnte festgestellt werden, dass Phasen des Umbruchs oft einhergehen mit markanten strukturellen Eigenschaften der Interaktionsgraphen. Beispielsweise kommt es vor, dass ein Nutzer vor dem Verlassen einer Community wenig wechselseitige Interaktionen mit anderen Mitgliedern derselben Community pflegt. Ebenfalls wurde beobachtet, dass ein Nutzer nicht nur eine Community, sondern die Plattform als ganzes verlassen hat. Diese Zäsur war jedoch zeitlich stark begrenzt, was extrinsische Gründe nahe legt.

Denn obgleich die hier angestellten Analysen interessante Zusammenhänge offenbart haben, darf nicht außer Acht gelassen werden, dass man am Ende doch menschliches Verhalten beobachtet, das bekanntermaßen von vielen Faktoren beeinflusst wird. Um Entwicklungen wie das Verlassen von oder Eintreten in Communities sinnvoll erklären zu können, genügt daher ein überwiegend quantitatives Vorgehen wie es für diese Arbeit gewählt wurde, unter Umständen nicht. Vielmehr sollte mit Methoden qualitativer Sozialforschung ergänzt werden. Denn vieles, was quantitativ messbar ist, bleibt ohne qualitative Ergänzung sozusagen nur „die halbe Wahrheit“.

Im Fall des Nutzers, der Reddit zu einem Zeitpunkt komplett verlassen hatte, könnten sich durch direkte Befragung des Nutzers neue Sichtweisen ergeben. Möglicherweise war ein Urlaub oder Umzug der Grund für seine Abwesenheit; oder aber es kam zu einer Auseinandersetzung mit anderen Nutzern, die ihn abgeschreckt hat, in welchem Fall eine Analyse der eigentlichen Kommentarinhalte aufschlussreich sein könnte.

Um auf die einleitenden Worte Douglas Adams' zurück zu kommen, wurde in dieser Arbeit der Versuch unternommen, die komplexen Zusammenhänge menschlichen Sozialverhaltens im virtuellen Raum zu strukturieren und damit für analytische Betrachtungen greifbar zu machen. Dabei hat sich gezeigt, dass deren Vielfältigkeit eine Vielzahl von Beobachtungs- und Deutungsmöglichkeiten zulässt. Doch selbst eine streng wissenschaftliche Annäherung wird den Forscher gelegentlich im Angesicht der Merkwürdigkeit mancher Zusammenhänge ratlos zurücklassen.



# Anhang

## A Tabellen

**Tabelle A.1:** Kennzahlen der Altersverteilung

N	arithm. Mittel	SD	Min	Q1	Median	Q3	Max
28.029.716	6,67	12,41	1	1	2	6	124

**Tabelle A.2:** Kennzahlen der Altersverteilung, nach Einschränkung

N	arithm. Mittel	SD	Min	Q1	Median	Q3	Max
3.357	113,5	6,49	103	108,25	113,5	118,75	124

**Tabelle A.3:** Startparameter des LDA-Algorithmus

Parameter	Wert
$\alpha$	0.195
$\beta$	0.1
k	256
niter	2000

**Tabelle A.4:** Kennzahlen der Topic-Verteilung

N	arithm. Mittel	SD	Min	Q1	Median	Q3	Max
256	808,81	4.040,09	1	6	9	97,5	45.577

## B Wort-Topic-Verteilungen

**Tabelle B.1:** Charakteristische Wörter der größten Topics. Aufgeführt sind jeweils die Topic-ID, die Anzahl an zugeordneten Subreddits ( $n$ , mit der Einschränkung  $n \geq 500$ ) sowie die 25 häufigsten Wörter in dem jeweiligen Topic. Englische Stoppwörter wurden in der Nachbereitung entfernt.

Topic	n	Wörter
235	45.577	like, just, one, dont, im, get, can, people, will, time, know, now, think, good, fuck, subreddit, make, sub, go, see, guy, want, cant, man, got
122	34.240	help, can, anyone, get, need, new, looking, know, please, just, like, make, want, best, good, im, one, will, question, people, use, find, free, time, first
69	18.504	first, just, new, got, made, one, today, like, day, im, time, love, found, xpost, years, little, happy, old, last, year, think, ive, guys, finally, good
194	13.146	new, now, will, update, first, official, th, news, us, coming, next, live, video, one, week, available, today, time, release, back, welcome, get, just, day, team
92	12.511	girl, xpost, ass, hot, sexy, big, pussy, cock, gif, tits, black, teen, sex, blonde, girls, porn, cum, cute, nice, beautiful, video, fucked, gets, fuck, anal
210	11.476	trump, us, news, police, says, will, people, new, man, president, state, white, government, war, donald, bill, years, american, law, america, obama, world, now, house, media
70	8.818	book, online, download, movie, p, free, full, read, link, without, watch, ipad, pc, mp, english, iphone, format, android, tablet, pdf, torrent, mobile, look, direct, view
129	7.118	city, park, new, area, looking, xpost, local, san, lake, near, st, night, th, north, town, house, south, beach, day, street, island, county, home, west, place
219	5.922	world, science, life, new, human, can, future, power, research, theory, study, system, energy, history, xpost, years, article, video, us, –, technology, change, analysis, learning, will
181	5.894	music, song, video, album, new, cover, live, remix, band, official, ft, rock, songs, feat, mix, love, guitar, tour, show, full, track, dj, metal, ep, dance
239	3.885	using, google, windows, data, app, web, code, released, tutorial, linux, use, free, software, source, open, design, version, project, programming, v, security, support, microsoft, c, file
37	3.839	part, story, world, war, dark, wp, book, death, king, one, history, battle, man, books, life, first, ii, fantasy, time, stories, writing, magic, black, day, short

**Tabelle B.1:** Charakteristische Wörter der größten Topics. Aufgeführt sind jeweils die Topic-ID, die Anzahl an zugeordneten Subreddits ( $n$ , mit der Einschränkung  $n \geq 500$ ) sowie die 25 häufigsten Wörter in dem jeweiligen Topic. Englische Stoppwörter wurden in der Nachbereitung entfernt.

Topic	n	Wörter
89	3.608	episode, season, show, movie, podcast, film, se, series, spoilers, trailer, tv, discussion, john, review, s, movies, watch, interview, netflix, video, best, comedy, david, tom, scene
58	3.223	vs, game, league, team, season, round, football, match, win, cup, week, draft, thread, fc, highlights, player, nfl, sports, goal, players, final, nba, championship, soccer, state
116	2.052	game, games, play, video, ps, youtube, pc, lets, part, gameplay, super, xbox, gaming, mario, gta, steam, nintendo, trailer, channel, funny, new, v, fallout, best, switch
21	1.825	game, update, play, new, v, guide, patch, players, steam, beta, player, level, games, map, character, playing, build, bug, alpha, server, version, battle, mode, notes, event
46	1.701	de, la, en, el, que, y, para, o, del, los, e, un, por, da, con, se, em, las, es, como, una, al, com, sobre, na
223	1.378	bitcoin, blockchain, ico, crypto, coin, exchange, wallet, token, trading, mining, cryptocurrency, network, ethereum, price, btc, platform, market, tokens, –, listed, coins, buy, —, decentralized, eth
148	1.181	free, w, code, h, sale, card, selling, amazon, trade, giveaway, buy, gift, cards, shipping, price, codes, get, k, gold, paypal, account, pack, sell, keys, box
131	1.166	food, chicken, recipe, pizza, cheese, vegan, eat, chocolate, ice, coffee, cream, eating, cake, tea, recipes, sauce, make, breakfast, milk, bread, bacon, meat, meal, dinner, hot
117	1.152	best, business, online, company, top, services, marketing, money, service, market, social, management, sales, india, tips, home, blog, credit, media, real, –, website, digital, startup, loans
88	933	review, pro, k, x, gb, g, camera, pc, gaming, build, tv, laptop, setup, mm, v, best, usb, power, drone, led, mini, wireless, battery, pi, case
72	881	die, der, und, für, von, mit, das, ist, im, auf, ein, den, zu, ich, es, aus, des, nicht, bei, dem, wie, eine, über, als, zum
177	879	water, home, diy, machine, glass, house, wood, table, make, design, steel, paper, wall, cleaning, hand, made, build, metal, knife, custom, set, kit, room, door, fire
3	875	cat, dog, baby, xpost, dogs, cats, fish, little, bear, cute, animal, puppy, boy, pet, fishing, meet, kitty, bird, animals, kitten, shark, duck, monkey, turtle, giant

**Tabelle B.1:** Charakteristische Wörter der größten Topics. Aufgeführt sind jeweils die Topic-ID, die Anzahl an zugeordneten Subreddits ( $n$ , mit der Einschränkung  $n \geq 500$ ) sowie die 25 häufigsten Wörter in dem jeweiligen Topic. Englische Stoppwörter wurden in der Nachbereitung entfernt.

Topic	n	Wörter
251	773	chapter, anime, cosplay, manga, ch, english, original, fanart, spoilers, hentai, japanese, naruto, volume, girl, episode, girls, art, chapters, japan, sakura, translation, disc, maid, wa, waifu
198	724	car, insurance, bike, race, ride, cars, truck, driver, ford, racing, auto, road, gt, drive, driving, speed, s, motorcycle, honda, miles, engine, electric, r, bmw, crash
110	667	x, art, oc, artist, ×, drawing, wallpaper, painting, draw, deviantart, tattoo, photo, xpost, sketch, image, portrait, wallpapers, digital, concept, artists, canvas, photography, ink, artwork, illustration
217	611	de, la, le, les, et, du, à, des, en, un, pour, sur, au, une, dans, france, pas, est, par, avec, je, que, », ce, qui
180	571	black, red, blue, dress, fashion, wedding, shoes, white, leather, boots, jacket, shirt, size, wear, style, sale, tshirt, hat, vintage, mens, clothing, socks, bag, color, wearing
195	566	health, weight, cancer, treatment, pain, body, loss, workout, surgery, diet, fat, medical, therapy, care, fitness, disease, sleep, brain, drug, lbs, skin, depression, blood, training, anxiety
96	553	f, looking, m, mf, fm, fun, kik, chat, daddy, snapchat, friends, fa, add, mm, play, yo, want, girl, sissy, message, snap, pics, seeking, ff, panties
45	507	looking, war, clan, guild, recruiting, join, raid, group, ps, players, server, members, destiny, community, active, reddit, pvp, discord, th, rp, pc, base, crew, xbox, na
18	506	found, killed, levelled, xp, completed, treasure, trail, dragon, crystal, boss, elite, invention, hard, skills, events, fragment, quest, triskelion, recent, complete, helm, slayer, daemonheim, fishing, monsters

## C Inhalt der CD

**Tabelle C.1:** Inhalt der beigelegten CD-ROM

Verzeichnis	Beschreibung
data	Enthält die Datengrundlage der Analyse
doc	Ausarbeitung in bookdown
figs	Von R-Skripten erzeugt Plots
interactive	R-Notebooks zur interaktiven Daten-Analyse
output	Zwischenspeicher für Berechnungen
Python	Scripts zur Datensammlung
R	Scripts zur Datenanalyse



## Referenzen

- [1] Jason Baumgartner. "... anticipate that it will take between 4-6 weeks to fill in the largest gaps for missing comments. I will then rescan all missing ids in the sequential areas (ids over 27 billion for comments) and ingest the missing data there. Probably 1-2 months before complete." 6. April 2018, 20:13 Uhr. URL: <https://twitter.com/jasonbaumgartne/status/982456309726547968>. Tweet.
- [2] Jason Baumgartner. *Ingesting Data — Using high performance Python code to collect Data*. 7. Mai 2018. URL: <https://pushshift.io/ingesting-data%E2%80%8A-%E2%80%8Ausing-high-performance-python-code-to-collect-data/> (besucht am 07.05.2018). Blog-Post.
- [3] Jason Baumgartner. *pushshift.io*. URL: <https://files.pushshift.io/reddit/comments/> (besucht am 23.04.2018).
- [4] David M. Blei. „Probabilistic topic models“. In: *Communications of the ACM* 55.4 (Apr. 2012).
- [5] David M Blei, Andrew Y Ng und Michael I Jordan. „Latent dirichlet allocation“. In: *Journal of machine Learning research* 3.Jan (2003), S. 993–1022.
- [6] Bryce Boe. *PRAW: The Python Reddit API Wrapper*. v6.0.0. 2016. URL: <https://github.com/praw-dev/praw>.
- [7] Ulrik Brandes, Sven Kosub und Bobo Nick. „Was messen Zentralitätsindizes?“ In: *Die Integration von Theorie und Methode in der Netzwerkforschung* (2012), S. 33–52.
- [8] Cody Buntain und Jennifer Golbeck. „Identifying Social Roles in reddit Using Network Structure“. In: *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web*. ACM. 2014, S. 615–620.
- [9] Gábor Csárdi. *igraph: Network Analysis and Visualization*. R package version 1.2.2. 2018. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=igraph>.
- [10] Richard Dawkins. *A Devil's Chaplain: Reflections on Hope, Lies, Science, and Love*. Houghton Mifflin, 11. Okt. 2004.
- [11] Munmun De Choudhury u. a. „Discovering shifts to suicidal ideation from mental health content in social media“. In: *Proceedings of the 2016 CHI conference on human factors in computing systems*. ACM. 2016, S. 2098–2110.
- [12] Oliver Dimbath. *Einführung in die Soziologie*. UTB GmbH, 12. Sep. 2016.
- [13] Gideon Dror u. a. „Churn prediction in new users of Yahoo! answers“. In: *Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web - WWW 12*. ACM Press, 2012.
- [14] Ingo Feinerer und Kurt Hornik. *tm: Text Mining Package*. R package version 0.7-5. 2018. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=tm>.
- [15] Devin Gaffney und J. Nathan Matias. „Caveat Emptor, Computational Social Science: Large-Scale Missing Data in a Widely-Published Reddit Corpus“. In: (13. März 2018).

- [16] T. L. Griffiths und M. Steyvers. „Finding scientific topics“. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101.Supplement 1 (Feb. 2004), S. 5228–5235.
- [17] Jack Hessel, Chenhao Tan und Lillian Lee. „Science, AskScience, and BadScience: On the Coexistence of Highly Related Communities“. In: (22. Dez. 2016).
- [18] Leo Katz und James H Powell. „Measurement of the tendency toward reciprocation of choice“. In: *Sociometry* 18.4 (1955), S. 403–409.
- [19] Mian Lu u. a. „Accelerating Topic Model Training on a Single Machine“. In: *Asia-Pacific Web Conference*. 2013, S. 184–195.
- [20] Nikita Murzintcev. *ldatuningr: LDA models parameters tuning*. 2016. URL: <https://github.com/nikita-moor/ldatuning>.
- [21] Xuan-Hieu Phan und Cam-Tu Nguyen. *GibbsLDA++: A C/C++ implementation of latent Dirichlet allocation (LDA)*. 2007. URL: <http://gibbslda.sourceforge.net/>.
- [22] Reddit. *reddit. historical code from reddit.com*. Source code. Reddit Inc. URL: <https://github.com/reddit-archive/reddit> (besucht am 22. 11. 2018).
- [23] Gerard Salton. *Introduction to Modern Information Retrieval (MCGRAW HILL COMPUTER SCIENCE SERIES)*. McGraw-Hill College, 1983.
- [24] Philipp Singer u. a. „Evolution of Reddit: From the Front Page of the Internet to a Self-referential Community?“ In: *Proceedings of the 23. International Conference on World Wide Web*. ACM. 2014, S. 517–522.
- [25] Chenhao Tan und Lillian Lee. „All Who Wander: On the Prevalence and Characteristics of Multi-community Engagement“. In: (4. März 2015).
- [26] Stanley Wasserman und Katherine Faust. *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press, 1994.
- [27] Hadley Wickham. *tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'*. R package version 1.2.1. 2017. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>.
- [28] Hadley Wickham u. a. *ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics*. <http://ggplot2.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/ggplot2>. 2018.
- [29] Christof Wolf. „Egozentrierte Netzwerke: Datenerhebung und Datenanalyse“. In: *Handbuch Netzwerkforschung*. Hrsg. von Christian Stegbauer und Roger Häußling. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2010, S. 471–483.
- [30] Yihui Xie. *bookdown: Authoring Books and Technical Documents with R Markdown*. R package version 0.7.24. 2018. URL: <https://github.com/rstudio/bookdown>.