

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen.¹

Marcel Neunhoeffler (Universität Mannheim)
Thomas Gschwend (Universität Mannheim)
Simon Munzert (Hertie School of Governance)
Lukas F. Stoetzer (Universität Zürich)

Zusammenfassung:

In diesem Beitrag stellen wir ein Modell zur Vorhersage der Erststimmenanteile in Wahlkreisen für Bundestagswahlen vor. Unser Modell basiert auf drei Komponenten. Erstens wenden wir das Zweitstimmenvorhersagemodell von zweitstimme.org an (Munzert et al. 2017, Stoetzer et al. 2018). Zweitens nutzen wir die Annahme eines gewichteten proportionalen Swings, um die bundesweite Zweitstimmenvorhersage auf die 299 Wahlkreise zu verteilen. Drittens entwickeln wir ein künstliches neuronales Netzwerk, um mithilfe des vorhergesagten Zweitstimmenergebnisses im Wahlkreis und weiteren Charakteristiken der Kandidierenden sowie des Wahlkreises das Erststimmenergebnis in jedem Wahlkreis vorherzusagen. Mithilfe der resultierenden Gewinnwahrscheinlichkeiten lassen sich bessere Messinstrumente zur Charakterisierung der Kompetitivität eines Wahlkreises und der zu erwartenden Knappheit des Wahlkreisrennens erstellen. Zudem erlaubt uns dieses Modell die zu erwartende Größe des Bundestages sowie seine personelle Zusammensetzung zu bestimmen.

¹ Wir bedanken uns herzlich für die Überlassung von Daten, insbesondere hinsichtlich der Sonntagsfrage, bei Jochen Groß, Marcel Noack, Gertrud Petrig (Institut für Demoskopie Allensbach) sowie Rainer Schnell. Darüber hinaus bedanken wir uns für hilfreiche Anregungen bei Sebastian Sternberg und bei Christel Selzer für redaktionelle Unterstützung.

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen.¹

Zusammenfassung:

In diesem Beitrag stellen wir ein Modell zur Vorhersage der Erststimmenanteile in Wahlkreisen für Bundestagswahlen vor. Unser Modell basiert auf drei Komponenten. Erstens wenden wir das Zweitstimmenvorhersagemodell von zweitstimme.org an (Munzert et al. 2017, Stoetzer et al. 2018). Zweitens nutzen wir die Annahme eines gewichteten proportionalen Swings, um die bundesweite Zweitstimmenvorhersage auf die 299 Wahlkreise zu verteilen. Drittens entwickeln wir ein künstliches neuronales Netzwerk, um mithilfe des vorhergesagten Zweitstimmenergebnisses im Wahlkreis und weiteren Charakteristiken der Kandidierenden sowie des Wahlkreises das Erststimmenergebnis in jedem Wahlkreis vorherzusagen. Mithilfe der resultierenden Gewinnwahrscheinlichkeiten lassen sich bessere Messinstrumente zur Charakterisierung der Kompetitivität eines Wahlkreises und der zu erwartenden Knappheit des Wahlkreisrennens erstellen. Zudem erlaubt uns dieses Modell die zu erwartende Größe des Bundestages sowie seine personelle Zusammensetzung zu bestimmen.

1 Einleitung

Die Vorhersage von Bundestagswahlen im Wahlkreis steckt noch in den Kinderschuhen. Dabei ist der Ausgang des Erststimmenrennens am Wahlabend sowohl für die involvierten Wahlkreiskandidaten als auch für weiterführende politikwissenschaftliche Fragestellungen von zunehmendem Interesse. Mit der Fragmentierung des Parteiensystems ist es schwieriger geworden, die Wahlkreissieger abzusehen. Bei der letzten Bundestagswahl errangen Kandidierende von gleich sechs unterschiedlichen Parteien (CDU, CSU, SPD, Linke, AfD und Grüne) mindestens ein Mandat, wobei insbesondere der Erfolg der AfD überraschte. In diesem Beitrag stellen wir ein Modell zur Vorhersage der Erststimmenanteile in Wahlkreisen für Bundestagswahlen vor.

Der Ausgang im Wahlkreis hat direkte Auswirkungen auf die Verteilung der Sitze und letztlich auf die Größe des neu gewählten Bundestages (Behnke 2017a). Mithilfe unserer Wahlkreisvorhersage können wir die zu erwartende Größe des neuen Bundestages vorhersagen. Das derzeit gültige Wahlrecht verlangt den Ausgleich von Überhangmandaten, was 2017 zu einer Vergrößerung des Bundestages geführt hat und, wie Simulationen zeigen, zu einer weiteren Vergrößerung führen kann (Behnke 2017b). Mit der letzten Bundestagswahl ist der Bundestag somit zur größten demokratischen nationalstaatlichen Volksvertretung weltweit angewachsen (Weiland 2012). Neben den steigenden Kosten zur Finanzierung der parlamentarischen Arbeit ist diese Veränderung auch mit einem erhöhten Koordinierungsaufwand und größeren Kommunikationsproblemen in der alltäglichen parlamentarischen Arbeit verbunden. Zudem ist zu vermuten, dass sich auch die praktische Ausgestaltung der legislativen Vorschläge systematisch verändern wird, wenn etwa die CDU/CSU-Fraktion sich fast nur aus Wahlkreissiegern und -siegerinnen zusammensetzt. Das hat direkte Auswirkungen darauf, wie verschiedene Interessen im politischen Prozess repräsentiert werden (Manow 2013; Zittel und Gschwend 2007).

Für unterschiedliche Fragestellungen wird zur Charakterisierung des Erststimmenrennens häufig auf grobe Typologien zurückgegriffen (Pyschny u. Hellmann 2017). Dabei wird oft von sogenannten „sicheren“ oder „unsicheren“ Wahlkreisen oder von „Hochburgen“ einzelner Parteien gesprochen. Ein akzeptiertes Maß, welches die Konkurrenzsituation des Wahlkreisrennens abbildet, existiert bisher nicht. Mithilfe unseres Vorhersagemodells für Wahlkreise können wir auch zu diesem Bereich, der unterschiedliche politikwissenschaftliche Literaturstränge betrifft, einen Beitrag liefern. Unser Modell liefert für alle Wahlkreiskandidaten eine Aussage zur Wahrscheinlichkeit, mit der sie ihren Wahlkreis gewinnen können. Diese Vorhersage ist daher ein Maß, welches die tatsächliche Konkurrenzsituation des Erststimmenrennens bereits vor der Wahl gut abbildet.

Basierend auf einer ersten Version unseres Wahlkreisvorhersagemodells haben wir zwei Tage vor der Bundestagswahl 2017 unsere Prognose für alle 299 Bundestagswahlkreise abgegeben und auf unserem Portal xxx.xx veröffentlicht.² In diesem Beitrag stellen wir unsere Weiterentwicklung vor. Generell basiert unsere Erststimmenvorhersage auf dem Zweitstimmenvorhersagemodell von zweitstimme.org (Munzert et al. 2017, Stoetzer et al. 2018). Um diese bundesweite Zweitstimmenvorhersage auf die 299 Wahlkreise zu verteilen, nutzen wir die Annahme eines proportional swings. Als Brückenstück zwischen Wahlkreis, Zweitstimme und Erststimmen entwickeln wir dann ein künstliches neuronales Netzwerk, das weiteren Informationen über die Kandidierenden und die Wahlkreise berücksichtigt um das Erststimmenergebnis in jedem Wahlkreis vorherzusagen.

Wir sind nicht die ersten, die sich mit Wahlkreisprognosen in Deutschland aus wissenschaftlicher Sicht befassen (Munzert 2017). Generell erlauben es gerade Prognosen, etablierte Theorien „auf

² Unsere damalige Prognose kann man unter: xxx nachlesen.

den denkbar härtesten Prüfstand“ (Leininger 2015, S. 678) zu stellen. Das Internetportal election.de bietet schon seit Jahren Wahlkreisprognosen an. Die dabei genutzte Methodologie sowie einzelne Prognosen wird aber nicht transparent gemacht und sollte daher für die wissenschaftliche Diskussion keine Rolle spielen. Im Gegensatz dazu sind wir als Wissenschaftler der Transparenz verpflichtet und stellen auch entsprechende Replikationsdaten und Computercodes zur Verfügung.

2 Zur Konkurrenzsituation im Wahlkreis

Der Ausgang des Erststimmenrennens wird in der wissenschaftlichen Diskussion nicht hinreichend betrachtet, obwohl er auch Auswirkungen auf die Wirkungsweise des scheinbar wichtigeren Verhältniswahlelements hat (Behnke 2007; Shikano 2007, 2009). Wir wissen aus der Wahlsystemforschung zu sogenannten Kontaminationseffekten (Ferrara et al. 2005; Ferrara u. Herron 2005; Gschwend et al. 2003; Herron u. Nishikawa 2001; Huber 2012, insb. Kapitel 7; Linhart et al. 2018; Manow 2013), dass es systematische Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Elementen eines Mischwahlsystems gibt. Beide Elemente des deutschen Mischwahlsystems wirken sich in Kombination anders aus, als sie es unabhängig voneinander tun würden.

Der Ausgang des Erststimmenrennens im Wahlkreis und damit die Konkurrenzsituation der Direktkandidaten ist für verschiedene Akteure von besonderer Bedeutung. Die Konkurrenzsituation vor dem Hintergrund des geltenden Wahlrechts bestimmt eine Anreizstruktur, die verhaltensrelevant werden kann. Die Akteure—Wähler, Parteien und Direktkandidaten—bilden Erwartungen über den Ausgang des Erststimmenrennens und richten ihr Handeln danach aus: Erstens ist bekannt, dass Wähler in knappen Wahlkreisrennen eher geneigt sind ihre beiden Stimmen strategisch zwischen möglichen Koalitionspartnern zu splitten als in Wahlkreisen, die nicht sehr umkämpft erscheinen (Gschwend 2007). Vorhersagen auf der Wahlkreisebene können so die Literatur zu politischem Verhalten und öffentlicher Meinung mit dem Wissen zu Wahlkämpfen fruchtbar erweitern (Lodge et al. 1995; Munzert 2017; Panagopoulos 2009) und neue Hypothesen generieren, weil das individuelle Verhalten abhängig vom erwartenden Ausgang im Wahlkreis ist.

Zweitens ist es für die Ausgestaltung der Wahlkampfstrategien von Parteien unerlässlich zu wissen, wie viele und insbesondere welche Wahlkreise für sie als umkämpft oder als sicher gelten. Wie in den USA oder dem Vereinigten Königreich ist auch in Deutschland bekannt, dass Parteien ihren Wahlkampf nicht in allen Wahlkreisen gleich intensiv bestreiten, sondern sich besonders um umkämpfte Wahlkreise kümmern (Ristau 2000). Ein Vorhersagemodell könnte hilfreich sein für die operative Wahlkampfplanung, da möglicherweise knappe Ressourcen im Wahlkampf effizienter eingesetzt werden könnten. Zudem würde ein solches Modell der Literatur zu Parteien und Wahlkämpfen ein Instrumentarium bereitstellen, auf dessen Basis weitere Hypothesen getestet werden könnten.

Drittens wissen wir auch, dass insbesondere die Wahlkampfstrategie von Kandidierenden davon abhängt, wie sie die Konkurrenzsituation im Wahlkreis einschätzen (Zittel u. Gschwend 2007). Oft wird argumentiert, dass knappe Wahlkreisrennen zu engen Bindungen zwischen den entsprechenden potentiellen Gewinnern/Gewinnerinnen und ihrer Wählerschaft im Wahlkreis führen. Diese engeren Bindungen gehen auf Kosten der Loyalität zur Partei der Kandidierenden, wenn sich Interessen des Wahlkreises nicht mit den Interessen der Partei decken. Solche Erwartungen gehen dann über die spezielle Wahlkampfplanung hinaus und beeinflussen zudem die persönliche Karriereplanung, aber auch die Arbeit im Parlament bzw. in den entsprechenden parlamentarischen Ausschüssen (Gschwend u. Zittel 2018; Stratmann u. Baur 2002).

Die Kompetitivität eines Wahlkreises wird oft am Stimmenabstand zwischen dem ersten und zweit Platzierten gemessen (z.B. Cain 1978, Gschwend 2007, Gschwend u. Zittel 2018). Die Konkurrenzsituation der Kandidierenden wird über den Erststimmenanteil der einzelnen Kandidierenden abgebildet (Stratmann u. Baur 2002) oder es werden bestimmte Wahlkreise als sicher oder unsicher bzw. als Hochburgen bestimmter Parteien definiert (Abramowitz et al. 2006; Pyschny u. Hellmann 2017; Zittel u. Gschwend 2007). Oftmals ist jedoch unklar, wie die Erwartung über den Wahlausgang operationalisiert werden sollte. Die Ergebnisse welcher Wahl sollen hierfür herangezogen werden? Werden die Ergebnisse der aktuellen Wahl genommen, ist das Maß endogen, weil man vor der Wahl nicht wissen kann, wie diese ausgeht. Andererseits bildet das Wahlergebnis der letzten Wahl die tatsächliche Konkurrenzsituation der aktuellen Wahl nur ungenügend ab. Die zur Wahl stehenden Kandidaten und Kandidatinnen unterscheiden sich von Wahl zu Wahl. Zudem müsste man auch annehmen, dass die Wählerschaft sich zwischen den Wahlen nicht verändert hat. Die Wahlkreisvorhersagen unseres Modells sind konzeptionell näher am theoretischen Konzept der Erwartung. Sie sind einerseits klar exogen, weil sie vor der jeweiligen Wahl berechnet werden können und bilden trotzdem die tatsächliche Konkurrenzsituation der Direktkandidierenden im Wahlkreis ab.

Idealerweise möchte man von den entscheidenden Akteuren, den Wählerinnen und Wählern, natürlich wissen, wie sie das Erststimmenrennen in ihrem Wahlkreis einschätzen und für welche Kandidaten sie sich entscheiden werden. Eine erste Möglichkeit dafür wären Umfragen auf Wahlkreisebene. Ein solches Instrument ist außerhalb des Vereinigten Königreichs nicht üblich (Hanretty et al. 2016; Mellon u. Fieldhouse 2016). Mit herkömmlichen national-repräsentativen Samples werden die wenigsten Wahlkreise mit hinreichend vielen Befragten abgedeckt werden, die eine präzise Vorhersage ermöglichen würden. Erfahrungsgemäß werden viele Wahlkreise überhaupt nicht im *sampling frame* sein, sodass keine Vorhersage möglich ist. Eine zweite Möglichkeit wäre, direkte Kommunikationskanäle zwischen Wählern, Parteien und einzelnen Kandidierenden dafür systematisch zu nutzen. Dafür müsste man die Datenerhebung mittels *Voting Advice Applications* (VAA) wie etwa von Kandidatencheck bei Abgeordnetenwatch.de und dem Wahl-O-Mat oder dem Wahl-Navi systematisch koordinieren und eventuell die realisierten Daten mit statistischen Verfahren zur Schätzung kleinräumiger Daten korrigieren (z.B. Selb u. Munzert 2011). Erste Ergebnisse dieser Art, die allerdings nicht zu einer Wahlkreisprognose führten, berichtet Nyhuis (2014). Eine andere interessante Variante zeigen die Arbeiten von Murr (2016, 2017), in denen mittels des Weisheit-der-Vielen Ansatzes (*wisdom of crowds*) britische Wahlkreisergebnisse erfolgreich vorhergesagt werden können. Zuvor war dieser Ansatz nur für nationale Ergebnisse verwendet worden (Lewis-Beck u. Skalaban 1989; Graefe 2014). Für eine Anwendung auf den deutschen Fall müssten entsprechende Instrumente in Vorwahlstudien implementiert werden (Gschwend et al. 2018). Eine weitere alternative Methode wäre sich auf lokale Wahlbörsen zu beziehen, bei denen man auf den Ausgang des Wahlkreissiegers/der Wahlkreissiegerin wetten kann (Wall et al. 2012).

Alternativ dazu gibt es für die Bundesrepublik bisher zwei unterschiedliche Strategien, um Wahlkreisergebnisse vorherzusagen. Zum einen entwickeln Stoffel (2014a, b) und Stoffel u. Sieberer (2018) Modelle für Wiederwahlwahrscheinlichkeiten von Kandidierenden, abhängig davon in welchem Wahlkreis diese antreten und, möglicherweise als Doppelkandidierende, auf welchem Listenplatz (Manow u. Nistor 2009) sie auf der Landesliste der Kandidierenden stehen. Dabei bilden Probitmodelle Anreize ab, entweder als Direktkandidierende oder als Listenkandidierende wiedergewählt zu werden. Dazu werden strukturelle Variablen verwendet, Charakteristiken des Erststimmenrennens bei der vorherigen Wahl, speziell der Abstand des Abgeordneten zum jeweiligen Wahlkreissieger/der Wahlkreissiegerin, sowie die Platzierungen der Kandidierenden auf den Parteilisten als Erfahrungswerte aus vergangenen Wahlen, um konkrete Wiederwahlwahrscheinlichkeiten zumindest für alle Abgeordneten vorherzusagen. Der Vorteil ist, dass man so nicht nur zwei verschiedene Typen von Wiederwahlwahrscheinlichkeiten erhält (also sicher bzw. unsicher) sondern dass sich der Raum der berechneten Wahrscheinlichkeiten

auf den gesamten theoretisch möglichen Raum (d.h. alle Werte zwischen 0 und 1) bezieht. Mittels Wahrscheinlichkeiten wird auch die Aufmerksamkeit der Vorhersagen nicht nur auf die Punktschätzungen an sich, sondern auch auf die Unsicherheit der Schätzungen gelenkt (Leininger 2015). Da die Wiederwahlwahrscheinlichkeiten für jede/n einzelne/n Abgeordnete/n losgelöst von ihren oder seinen Konkurrenten modelliert wird, addieren sich die einzelnen Wiederwahlwahrscheinlichkeiten aller Abgeordneten nicht zu 1 auf, wie es logisch der Fall ist. Durch die Wahl eines multinominalen Modells kann man eine solche theoretische Beschränkung aber ohne weiteres umsetzen. Zum anderen, und das ist ein großer Nachteil, liefert ein solches Modell keine Wahrscheinlichkeiten für die Wahl von Kandidaten und Kandidatinnen, die bisher noch nicht Mitglied des Bundestages sind. Ein Vorhersagemodell für Wahlkreisergebnisse muss jedoch beides können.

Eine andere Strategie ist es, von der nationalen Ebene, wo sowohl die Datenlage deutlich besser ist, als auch etablierte Vorhersagemodelle zur Verfügung stehen, auf die Wahlkreisebene zu schließen. Entsprechende Ansätze bedienen sich hier der Annahme des sogenannten „uniform swing“ (Miller 1972). Die Annahme besagt, dass sich eine Veränderung auf der nationalen Ebene in gleichem Maß auf alle Wahlkreisergebnisse übersetzen lässt. Verliert also eine Partei bundesweit 2 Prozentpunkte, so wird angenommen, dass sie gleichmäßig in jedem Wahlkreis 2 Prozentpunkte verliert. Diese Annahme ist sehr stark und entspricht nicht der empirischen Realität, wie Munzert (2017) zeigt. Demnach müssen sowohl regionale wie auch wahlkreisspezifische Faktoren eine Rolle spielen, deren Stärke über die einzelnen Wahlkreise variiert. Eine Variante dieser Strategie besteht darin, die Übersetzung des nationalen Trends auf die einzelnen Wahlkreisergebnisse abhängig von regionalen oder kandidierendenenspezifischen Charakteristiken wie etwa Amtsinhaberschaft zu machen (Bafumi et al. 2010). Munzert (2017) kombiniert ein solches Uniform-Swing-Modell mit einem umfragebasierten Modell, das individuelle Wahlabsichten Wahlkreisen zuordnen kann und diese effizient kalibriert. Daneben wird die historische Performanz dieser Modelle genutzt, um sie gemäß ihrer vergangenen Vorhersagegenauigkeit zu gewichten. Dieses Vorgehen führte im Fall der letzten Bundestagswahl zu im Schnitt präzisen Wahlkreisvorhersagen, stellt aber hohe Ansprüche an die Daten (historische Information über Wahlkreisergebnisse sowie Vorhandensein von einer großen Anzahl von individuellen Umfragedaten vor der Wahl, die Wahlkreisen zugeordnet werden können).

In diesem Beitrag stellen wir ein Vorhersagemodell für Erststimmenergebnisse der Kandidierenden in jedem Bundestagswahlkreis auf Basis des bayesianischen Zweitstimmenmodells von zweitstimme.org vor (Munzert et al. 2017; Stoetzer et al. 2018). Insbesondere nutzen wir die Tatsache, dass anstatt eines Swings jeweils 3000 nationale Vorhersagen aus dem Zweitstimmenmodell herangezogen werden und somit die Unsicherheit in den nationalen Vorhersagen berücksichtigt wird. Um von nationalen Zweitstimmenergebnissen auf Erststimmenergebnisse im Wahlkreis zu schließen, modellieren wir darüber hinaus die Erststimmenergebnisse im Wahlkreis auf Grundlage der Zweitstimmenergebnisse im Wahlkreis bei der vergangenen Wahl und Charakteristiken des Wahlkreises sowie der Kandidierenden mit einem künstlichen neuronalen Netz. Für die Vorhersage der kommenden Wahl kombinieren wir die nationalen Vorhersagen der Zweitstimmenanteile unter der Annahme eines gewichteten proportionalen Swings mit dem Wahlkreismodell. Im Folgenden beschreiben wir zunächst die drei Komponenten der Wahlkreisvorhersage, also (1) das Zweitstimmenmodell, (2) das Wahlkreismodell und (3) die gewichtete proportionale Swing-Annahme. Im Anschluss präsentieren wir verschiedene relevante Größen, die mit Hilfe des Modells vorhergesagt werden können, zum Beispiel die Gewinnwahrscheinlichkeiten der Parteien in den 299 Wahlkreisen sowie die Größe des Bundestags.

3 Zweitstimmenmodell und Erststimmenvorhersage

3.1 Das Zweitstimmenmodell - ein dynamisches bayesianisches Modell für Mehrparteiensysteme

Zur Schätzung der nationalen Zweitstimmenanteile haben wir ein dynamisches bayesianisches Modell für Mehrparteiensysteme entwickelt (Stoetzer et al. 2018). Das Modell integriert ein strukturelles Modell und ein dynamisches bayesianisches Messmodell. Das strukturelle Modell verwendet drei Prädiktoren, die bereits 200 Tage vor der Wahl verfügbar sind – den Zweitstimmenanteil bei der letzten Wahl, den Durchschnitt der Umfragen 230 Tage bis 200 Tage vor der Wahl sowie einen Indikator für die Kanzlerpartei. Auf Grundlage dieser drei Prädiktoren schätzen wir den Zweitstimmenanteil für alle Wahlen in Deutschland seit 1953. Das Ergebnis des strukturellen Modells fungiert dann als Prior für das dynamische bayesianische Messmodell für Mehrparteiensysteme. Das dynamische bayesianische Messmodell schätzt die aktuellen Parteianteile auf der Basis von veröffentlichten Umfragen. Dazu wird ein rückwärtsgerichteter *random-walk*-Prozess vom strukturellen Prior auf dem Wahltag über die Umfragen geschätzt.³

Unsere Vorhersage der bundesweiten Zweitstimmenanteile zwei Tage vor der Bundestagswahl 2017 ist in Abbildung 1 dargestellt.

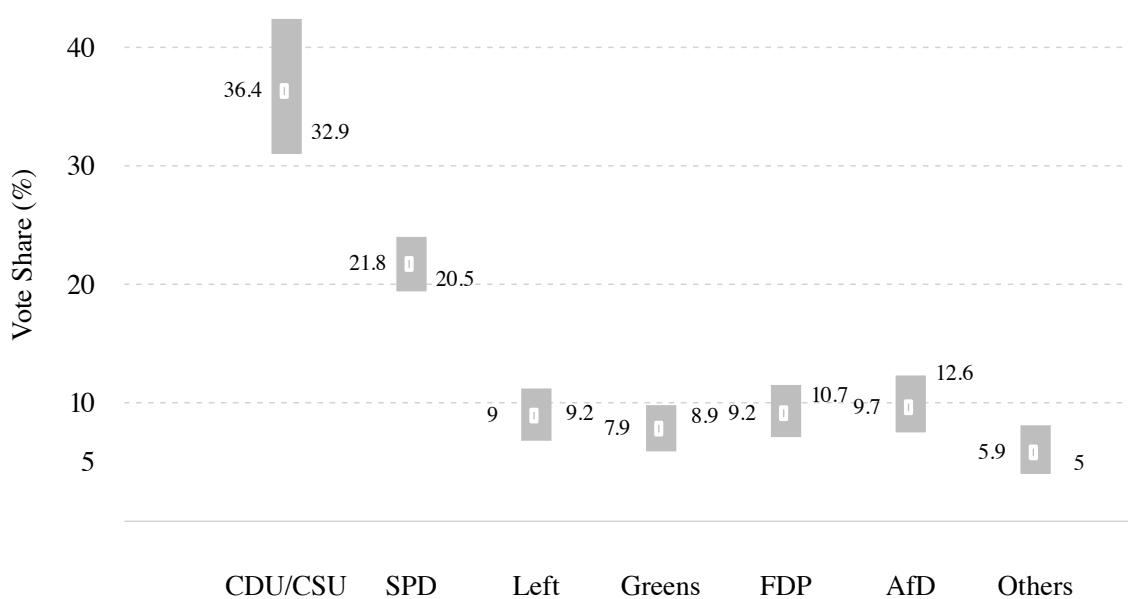


Abbildung 1: Vorhersage der Zweitstimmenanteile zwei Tage vor der Bundestagswahl 2017

3.2 Das Wahlkreismodell - ein künstliches neuronales Netz zur Vorhersage von Erststimmen

Um von Vorhersagen der nationalen Zweitstimmenverteilung zu Vorhersagen der Erststimmen auf Wahlkreisebene zu kommen, nutzen wir ein künstliches neuronales Netz, welches die

³ Für Details zum Modell und Computercode siehe Stoetzer et al. (2018).

Erststimmenanteile auf Basis der Zweitstimmenanteile im Wahlkreis bei der vergangenen Wahl schätzt. Zusätzlich führen wir Charakteristiken der Kandidierenden und des Wahlkreises als unabhängige Variable ein. Unter Charakteristiken des Wahlkreises verstehen wir hier die Anzahl der Kandidierenden im Wahlkreis, ob der/die letztmalige Gewinner/Gewinnerin des Direktmandats wieder im Wahlkreis antritt und ob der Wahlkreis in den alten oder neuen Bundesländern liegt. Charakteristiken der Kandidierenden im Modell sind der Listenplatz⁴, ob der Direktkandidat/die Direktkandidatin bei der letzten Wahl schon einmal angetreten ist (als Listen- oder Direktkandidierende), ob der Kandidat/die Kandidatin Amtsinhaber/in ist, das Geschlecht des/der Kandidierenden sowie ob der/die Kandidierende über einen akademischen Grad verfügt (Schneider u. Tepe 2011). Diese Variablen haben wir für alle Direktkandidatinnen und Direktkandidaten seit der Bundestagswahl 1983 kodiert, insgesamt sind das 20823 Kandidaten und Kandidatinnen. Den Datensatz teilen wir in einen Trainingsdatensatz mit allen Beobachtungen *vor* der Bundestagswahl 2017 und einen Vorhersagedatensatz mit den Beobachtungen zur Bundestagswahl 2017 auf. Mit Hilfe des Trainingsdatensatz trainieren wir dann unser künstliches neuronales Netz.

Künstliche neuronale Netze sind Teil des sogenannten maschinellen Lernens (*machine learning*) und oft auch Grundlage für Modelle und Applikationen hinter dem Sammelbegriff „künstliche Intelligenz“. Jüngste Fortschritte in der Entwicklung von Computerprozessoren und vor allem Grafikkarten tragen zu einem regelrechten Boom in der Anwendung von künstlichen neuronalen Netzen bei, da inzwischen auch herkömmliche Computer leistungsfähig genug sind, um komplexe künstliche neuronale Netze zu schätzen. Die mathematischen Konzepte und Grundlagen für künstliche neuronale Netze sind allerdings schon länger bekannt (Chollet u. Allaire 2018). In einer ersten Anwendung haben bereits Beck et al. (2000) ein künstliches neuronales Netz zur Vorhersage von Bürgerkriegen in die Politikwissenschaft eingeführt. Der Vorteil eines künstlichen neuronalen Netzes gegenüber herkömmlichen statistischen Vorhersagemodellen ist, dass wir keinerlei Annahmen über die funktionale Form des Zusammenhangs von unabhängigen Variablen und abhängiger Variable treffen müssen.

Unser künstliches neuronales Netz zur Vorhersage von Erststimmen der Kandidierenden zur Bundestagswahl 2017 in allen 299 Wahlkreisen besteht hierarchisch aus drei Schichten. Die erste Schicht besteht aus 128 Neuronen, die zweite Schicht besteht aus 64 Neuronen und die dritte Schicht ist eine einfache lineare Ausgabeschicht. Die Datenmatrix der Trainingsdaten (X) wird in jeden der 128 Neuronen in der ersten Schicht gefüttert und mit Parametern (β) multipliziert ($X\beta$), also ähnlich wie wir das etwa mit herkömmlichen Beobachtungsdaten bei einer linearen Regression kennen. In jedem Neuron findet dann eine Matrixoperation statt, die mit einer linearen Regression vergleichbar ist. Das heißt: Jedes der 128 Neuronen in der ersten Schicht übergibt einen vorhergesagten Wert an jedes der 64 Neuronen in der zweiten Schicht. Vor der Übergabe der Werte an die nächste Schicht werden die Ergebnisse der Neuronen noch durch eine sogenannte Aktivierungsfunktion, hier eine Gleichrichter (*rectifier*) Funktion $f(x) = \max(0, x)$, transformiert. Die Aktivierungsfunktionen sorgen im Wesentlichen dafür, dass nicht nur lineare Zusammenhänge zwischen den Werten in der Datenmatrix und der abhängigen Variablen möglich sind. Insgesamt hat unser künstliches neuronales Netz so $9601 (= (9 \text{ unabhängige Variablen} + 1 \text{ Konstante}) * 128 \text{ Neuronen} + (128 \text{ Werte aus den Neuronen} + 1 \text{ Konstante}) * 64 \text{ Neuronen} + 64 \text{ Werte aus den Neuronen} + 1 \text{ Konstante})$ Parameter (vergleichbar mit Regressionskoeffizienten), die gleichzeitig geschätzt werden. Die Parameter werden iterativ mit einer Variante des *stochastic-gradient-descent*-Algorithmus angepasst, um so die mittlere quadratische Abweichung von der Vorhersage des Modells und beobachteten Erststimmenanteilen im

⁴ Kodiert als 1 - Listenplatz/Anzahl der Plätze auf der Liste. Ein Wert von 0 bedeutet, dass der Wahlkreiskandidierende nicht auf einer Liste kandidiert.

Trainingsdatensatz zu minimieren. Dies ist prozedural ähnlich der Minimierung der Summe der quadrierten Abweichungen in einem linearen Regressionsmodell.

3.3 Gewichteter proportionaler Swing und Kombination von Zweitstimmenmodell und Erststimmenmodell

Um die beiden Modelle zu kombinieren und eine Erststimmenvorhersage auf Basis des Zweitstimmenmodells zu erhalten, müssen wir noch eine Annahme darüber treffen, wie sich der bundesweite Swing, also die vorhergesagte Veränderung des Ergebnisses für eine Partei aufgrund unseres Zweitstimmenmodells zwischen zwei Wahlen über die 299 Wahlkreise verteilt. Wir entscheiden uns für einen gewichteten proportionalen Swing, der realistischer ist als ein Uniform Swing ist. Ein Uniform Swing hätte zur Folge, dass insbesondere für kleine Parteien in einzelnen Wahlkreisen Vorhersagen von weniger als 0 Prozent möglich sind. Zum Beispiel hat die FDP von 2009 auf 2013 bundesweit 9,8 Prozentpunkte verloren, hatte die FDP jedoch bei der Bundestagswahl 2009 in einem Wahlkreis weniger als 9,8 Prozent (so zum Beispiel im Wahlkreis 63 8,9 Prozent), würde die Annahme bedeuten, dass die FDP nun 2013 in Wahlkreis 63 weniger als 0 Stimmen bekäme. Diese Annahme ist offensichtlich nicht realistisch. Insofern ist die Annahme, dass sich Gewinne und Verluste proportional auf die Wahlkreise verteilen, realistischer und vermeidet zudem die Vorhersage von negativen Wahlergebnissen. Der proportionale Swing $(-9,8/14,6 = -0,67)$ für das Beispiel der FDP in Wahlkreis 63 bedeutet, dass die FDP hier in etwa 6 Prozentpunkte $(-0,67 * 8,9)$ verlieren wird und also noch mit etwa 2,9 Prozent rechnen kann (das tatsächliche Ergebnis 2013 lag bei 2,2 Prozent). Gleichzeitig bedeutet die Annahme des proportionalen Swings auch die Annahme, dass Parteien in Hochburgen stärker gewinnen (oder verlieren) als in Diaspora-Gebieten.

Zunächst berechnen wir den bundesweiten proportionalen Swing zwischen dem Wahlergebnis von 2013 und jedem der 3000 Simulationsergebnisse unseres Zweitstimmenmodells (Munzert et al. 2017; Stoetzer et al. 2018). Die CDU/CSU hatte 2013 zum Beispiel 41,5 Prozent der Zweitstimmen für sich gewonnen. Erreicht die CDU/CSU in einem Simulationsergebnis unseres Zweitstimmenmodells nun 35 Prozent, dann sind das 6,5 Prozentpunkte weniger als 2013, oder proportional -15,7 Prozent $(= -6,5/41,5 \text{ Prozent})$.

Dann übertragen wir diesen proportionalen Swing auf die Wahlkreisergebnisse von 2013 (umgerechnet auf die Wahlkreise für 2017) und erhalten so sukzessive 3000 simulierte Verteilungen von Zweitstimmen in jedem der 299 Wahlkreise. Zusätzlich gewichten wir diesen proportionalen Swing mit einem Indikator dafür, ob der proportionale Swing im Wahlkreis bei der vergangenen Wahl⁵ im Vergleich zum bundesweiten Swing überdurchschnittlich oder unterdurchschnittlich⁶ war. Am eingängigsten ist dieses Vorgehen anhand der Formel erklärbar. Bezeichnet SWE das simulierte Wahlergebnis, BE das Bundesergebnis, SBE das simulierte Bundesergebnis und G das Gewicht, dann lässt sich unser Vorgehen mathematisch wie folgt ausdrücken:

$$SWE_{wijp} = WE_{w(j-1)p} + \frac{(SBE_{ijp} - BE_{(j-1)p})}{BE_{(j-1)p}} * WE_{w(j-1)p} * G_w,$$

wobei w = Indikator des Wahlkreises, i = Indikator der Simulation, j = Indikator der Wahl und p = Indikator der Partei ist. Diese Simulationsergebnisse für jeden Wahlkreis und jeden Kandidaten/jede Kandidatin werden dann gemeinsam mit den Charakteristiken des Wahlkreises

⁵ Hat sich der Zuschnitt des Wahlkreises im Vergleich zur vergangenen Wahl verändert, greifen wir auf den proportionalen Swing im Bundesland zurück.

⁶ Gewicht = proportionaler Swing im Wahlkreis/bundesweiter proportionaler Swing

und der Kandidierenden der Bundestagswahl für eine Vorhersage durch das trainierte künstliche neuronale Netz gefüttert.

Somit liefert die Kombination aus (1) Zweitstimmenmodell, (2) Wahlkreismodell und (3) gewichtetem proportionalen „Swing“ eine Vorhersage des Erststimmenanteils samt Konfidenzintervallen aller Kandidatinnen und Kandidaten der Parteien in jedem Wahlkreis für 2017. Für jeden unserer 3000 Simulationsdurchläufe haben wir also auch einen Wahlkreisgewinner/eine Wahlkreisgewinnerin in jedem Wahlkreis. Damit schätzen wir auch die Gewinnwahrscheinlichkeit für alle Kandidierenden in ihrem Wahlkreis ein (Anzahl der Siege im Wahlkreis/Anzahl der Simulationen, also hier 3000). Mithilfe dieser Größen lassen sich bessere Messinstrumente zur Charakterisierung der Kompetitivität eines Wahlkreises erstellen. Zudem lässt sich mit der Kombination unserer Zweitstimmenvorhersage und unserer Erststimmenvorhersage für jeden unserer 3000 Simulationsdurchläufe eine Sitzverteilung vornehmen, inklusive der daraus resultierenden Sitze zum Ausgleich von Überhangmandaten. Damit können wir einschätzen, wie viele Sitze ein künftiger Bundestag haben könnte und wie sich die Sitze auf Länder und Parteien verteilen. Die Vorhersage der Erststimmen ist somit auch für Listen-Kandidierende ohne Aussicht auf ein Direktmandat relevant, die möglicherweise wahrscheinlicher in den Bundestag einziehen werden, falls der Bundestag viele zusätzliche Sitze haben wird.

4 Wahlkreisvorhersage der Bundestagswahl 2017

Die Darstellung einer Liste mit Gewinnwahrscheinlichkeiten für alle 299 Wahlkreise würde den Rahmen dieses Artikels sprengen.⁷ Für eine vereinfachte Darstellung teilen wir die Wahlkreise in 4 Kategorien nach der Gewinnwahrscheinlichkeit der Kandidaten ein. Wir sehen Wahlkreise als *offen* an, wenn keiner der Kandidierenden eine Wahrscheinlichkeit von mindestens 65 Prozent erreicht. Wenn einer der Kandidierenden eine Wahrscheinlichkeit zwischen 65 Prozent und 85 Prozent zugeschrieben bekommt, dann schätzen wir den Wahlkreis mit einer *Tendenz* für diesen Kandidierenden ein. Zwischen Wahrscheinlichkeiten von mindestens 85 Prozent und 99 Prozent gehen wir davon aus, dass der Kandidierende den Wahlkreis *wahrscheinlich* gewinnt. Kandidierende mit einer Chance von mindestens 99 Prozent den Wahlkreis zu gewinnen bezeichnen wir als *sicher*.

Auf Basis der Zweitstimmenvorhersage 92 Tage vor der Bundestagswahl 2017 schätzen wir 22 Wahlkreise als offen ein. In 92 Wahlkreisen scheint der Wahlkreisgewinner/die Wahlkreisgewinnerin schon zu diesem Zeitpunkt sicher. In 140 Wahlkreisen können wir wahrscheinlich den Sieger/die Siegerin vorhersagen und in 45 Wahlkreisen sehen wir eine Tendenz. Wie sich dies über die Parteien verteilt, zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Einschätzung der Direktmandate 92 Tage vor der Bundestagswahl 2017

	CDU	CSU	SPD	Linke	Grüne	FDP	AfD	Summe
Sicher	58	32	1	1	0	0	0	133
Wahrscheinlich	97	9	32	2	0	0	0	140

⁷ Gleichwohl stellen wir die Gewinnwahrscheinlichkeiten für alle Kandidierende und alle Wahlkreise online zur Verfügung.

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

Tendenz	26	5	13	1	0	0	0	45
Offen	11	0	10	1	0	0	0	22
Summe	192	46	56	5	0	0	0	

Auf Basis der Zweitstimmenvorhersage 2 Tage vor der Wahl schätzen wir noch 7 Wahlkreise als offen ein. In 171 Wahlkreisen scheint der Wahlkreisgewinner/die Wahlkreisgewinnerin zu diesem Zeitpunkt sicher. In 103 Wahlkreisen können wir wahrscheinlich den Sieger/die Siegerin vorhersagen und in 18 Wahlkreisen sehen wir eine Tendenz. Wie sich dies über die Parteien verteilt zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Einschätzung der Direktmandate zwei Tage vor der Bundestagswahl 2017

	CDU	CSU	SPD	Linke	Grüne	FDP	AfD	Summe
Sicher	121	39	8	3	0	0	0	171
Wahrscheinlich	69	7	26	1	0	0	0	103
Tendenz	10	0	7	1	0	0	0	18
Offen	5	0	2	0	0	0	0	7
Summe	205	46	43	5	0	0	0	

Dies zeigt, dass wir (was wünschenswert ist) „sicherer“ in unserer Prognose werden. Wie gut wir mit unseren Vorhersagen tatsächlich lagen, evaluieren wir im folgenden Abschnitt.

4.1 Retrospektive Evaluation

Tabelle 3 zeigt eine Kreuztabelle der tatsächlichen Wahlkreisgewinner/Wahlkreisgewinnerinnen mit unseren vorhergesagten Wahlkreisgewinnern/Wahlkreisgewinnerinnen 92 Tage vor der Bundestagswahl 2017 und Tabelle 4 die Kreuztabelle zwei Tage vor der Bundestagswahl 2017. Dabei lassen wir, in dieser ersten Tabelle, die offenen Wahlkreise bewusst außen vor. Insgesamt entspricht dies einer Genauigkeit von 95,3 Prozent (264 von 277) 92 Tage vor der Wahl und von 93,2 Prozent (272 von 292) 2 Tage vor der Wahl. Zum Vergleich kommt election.de zwei Tage vor der Bundestagswahl 2017 in den 292 von uns eingeschätzten Wahlkreisen auf eine Genauigkeit von 92,8 Prozent (271 von 292).

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

Tabelle 3: 92 Tage vor der Wahl Vorhergesagte und Beobachtete Wahlkreisgewinner/gewinnerinnen

		Beobachtet						
		CDU	CSU	SPD	Linke	Grüne	FDP	AfD
Vorhergesagt	CDU	171		6	1			3
	CSU		46					
	SPD	3		43				
	Linke				4			
	Grüne							
	FDP							
	AfD							

Tabelle 4: 2 Tage vor der Wahl Vorhergesagte und Beobachtete Wahlkreisgewinner/gewinnerinnen

		Beobachtet						
		CDU	CSU	SPD	Linke	Grüne	FDP	AfD
Vorhergesagt	CDU	182		14	1			3
	CSU		46					
	SPD	1		40				
	Linke				4	1		
	Grüne							
	FDP							
	AfD							

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

Außerdem interessieren wir uns dafür, ob die von uns als offen vorhergesagten Wahlkreise tatsächlich knappe oder überraschende Ergebnisse lieferten. Dafür bilden wir in Tabelle 5 die Erststimmenergebnisse der von uns als offen eingeschätzten Wahlkreise ab.

Tabelle 5: Offene Wahlkreise 92 Tage vor der Wahl

Wkr	Wahlkreis Name	Vorhersage	Wahrsch.	Beobachtet	Vorsprung
83	Berlin - Friedrichshain-Kreuzberg – Prenzlauer Berg Ost	Linke	43.4	Grüne	1.4
132	Bielefeld – Gütersloh II	SPD	50.7	SPD	2.5
299	Homburg	CDU	50.9	CDU	2.1
101	Leverkusen – Köln IV	SPD	51.0	SPD	7.9
1	Flensburg – Schleswig	SPD	52.6	CDU	12.0
28	Delmenhorst – Wesermarsch – Oldenburg-Land	CDU	56.0	CDU	1.2
296	Saarbrücken	SPD	56.2	SPD	0.7
184	Groß-Gerau	CDU	57.2	CDU	2.8
186	Darmstadt	CDU	57.5	CDU	0.9
40	Nienburg II – Schaumburg	SPD	58.2	CDU	7.9
61	Potsdam – Potsdam-Mittelmark II - Teltow-Fläming II	CDU	58.6	SPD	1.3
114	Krefeld II – Wesel II	SPD	58.8	CDU	5.0
134	Minden – Lübbecke I	CDU	60.3	SPD	1.9
150	Märkischer Kreis II	CDU	61.9	SPD	0.8
21	Hamburg-Nord	CDU	62.3	CDU	2.7
135	Lippe I	SPD	62.9	CDU	4.4
6	Plön - Neumünster	CDU	63.0	CDU	11.8
22	Hamburg-Wandsbek	SPD	63.4	SPD	4.8
209	Kaiserslautern	SPD	63.6	SPD	2.6
102	Wuppertal I	SPD	63.8	SPD	1.9
96	Bonn	CDU	64.3	SPD	2.8
173	Gießen	CDU	64.5	CDU	6.9

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

Mit Ausnahme der Wahlkreise Flensburg – Schleswig (Wkr 1), Plön – Neumünster (Wkr 6), Leverkusen – Köln IV (Wkr 101) und Nienburg II – Schaumburg (Wkr 40) sind die Wahlen in unseren als offen vorhergesagten Wahlkreise auch tatsächlich sehr knapp ausgefallen. Der Vorsprung der jeweiligen siegenden Kandidierenden betrug nicht mehr als fünf Prozentpunkte.

Als weitere grafische Evaluation unserer Vorhersage bilden wir in Abbildung 2 und Abbildung 3 unsere Einschätzung (die Gewinnwahrscheinlichkeit der aussichtsreichsten Kandidierenden) auf der x-Achse sowie den beobachteten Vorsprung des Wahlkreisgewinners/der Wahlkreisgewinnerin vor dem/der Zweitplatzierten auf der y-Achse ab. Falsch vorhergesagte Wahlkreise sind in rot dargestellt.

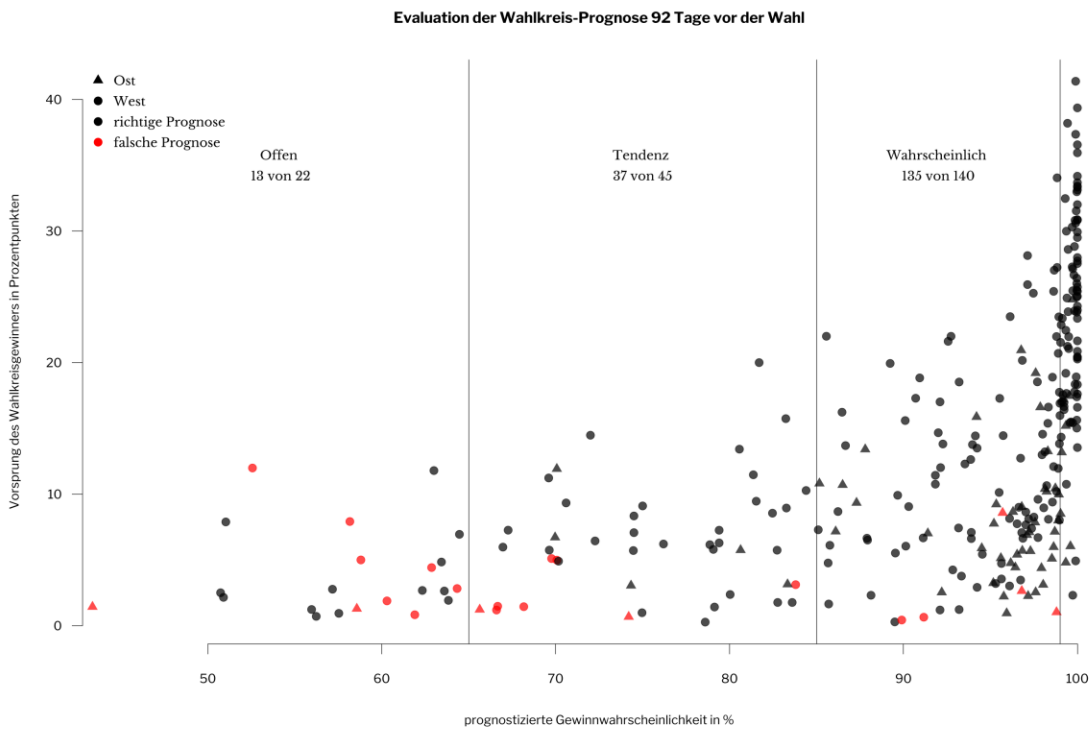


Abbildung 2: Evaluation der Wahlkreisprognose 92 Tage vor der Bundestagswahl 2017

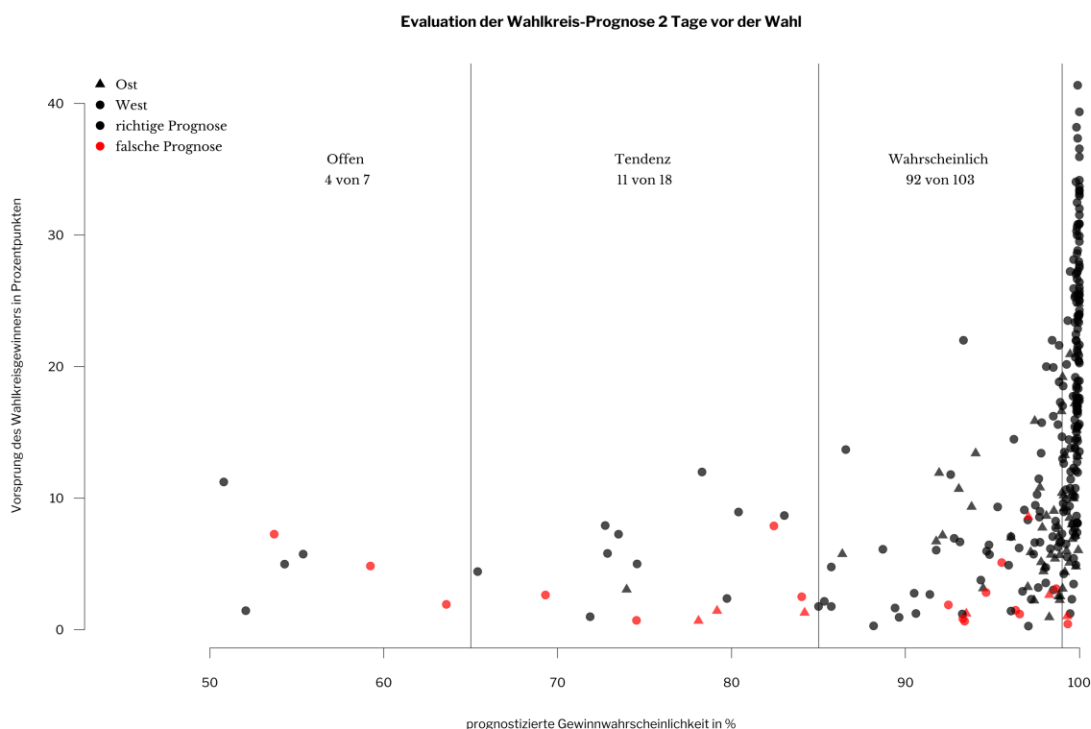


Abbildung 3: Evaluation der Wahlkreisprognose zwei Tage vor der Bundestagswahl 2017

Die beiden Abbildungen zeigen grafisch, dass wir „sicherer“ in unserer Prognose werden. Dies heißt aber natürlich nicht, dass unsere Vorhersagen „richtiger“ werden. Das Muster in beiden Abbildungen zeigt auch, dass die vorhergesagte Gewinnwahrscheinlichkeit und der Vorsprung des Wahlkreisgewinners/der Wahlkreisgewinnerin im Durchschnitt positiv zusammenhängen. Ebenfalls ist aus den beiden Abbildungen ersichtlich, dass der Anteil der richtigen Vorhersagen (in den Abbildungen schwarz dargestellt) mit steigender Gewinnwahrscheinlichkeit zunimmt. 92 Tage vor der Bundestagswahl 2017 ist der Anteil der richtig vorhergesagten Wahlkreise, die wir als offen eingeschätzt haben (größte Gewinnwahrscheinlichkeit ≤ 65 Prozent) bei 59,1 Prozent, der Anteil der richtig vorhergesagten Wahlkreise, in denen wir eine Tendenz sehen (Gewinnwahrscheinlichkeit > 65 Prozent und ≤ 85 Prozent) 82,2 Prozent. Der Anteil der richtig vorhergesagten Wahlkreise unter den Wahlkreisen, in denen wir den Gewinner/die Gewinnerin als wahrscheinlich vorhersagen (Gewinnwahrscheinlichkeit > 85 Prozent und ≤ 99 Prozent) liegt 92 Tage vor der Wahl bei 96,4 Prozent und der Anteil der richtig vorhergesagten Wahlkreise, die wir als sicher einschätzen liegt bei 100 Prozent. Zwei Tage vor der Bundestagswahl teilen sich die Anteile wie folgt auf: Bei den als offen vorhergesagten Wahlkreisen sagen wir 57,1 Prozent richtig vorher, bei den mit einer Tendenz vorhergesagten Wahlkreisen sagen wir 61,1 Prozent richtig vorher, bei den als wahrscheinlich vorhergesagten Wahlkreisen sagen wir 89,3 Prozent richtig vorher und bei den als sicher vorhergesagten Wahlkreisen sagen wir 98,8 Prozent richtig vorher.

Zusammenfassend, zeigen die beiden Abbildungen zwei wichtige Aspekte unserer Vorhersagen. Erstens, unsere vorhergesagten Gewinnwahrscheinlichkeiten bilden tatsächlich die Kompetitivität im Wahlkreis (zum Beispiel operationalisiert durch den Vorsprung des Wahlkreissiegers/der Wahlkreissiegerin) ab. Zweitens, die prognostizierten Gewinnwahrscheinlichkeiten decken sich relativ gut mit der empirischen Wirklichkeit.

4.2 Vorhersage der Sitzverteilung

Mit der Kombination unserer Zweitstimmenvorhersage und unserer Erststimmenvorhersage können wir auch für jeden unserer 3000 Simulationsdurchläufe eine Sitzverteilung vornehmen. So

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

bekommen wir eine Einschätzung darüber, wie groß der nächste Bundestag sein wird und wie sich die Sitze auf die Parteien und Länder verteilen könnten. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der simulierten Sitzverteilungen auf Grundlage der Zweitstimmenvorhersage 2 Tage vor der Wahl. Die Werte in der Tabelle geben an, in welchem Bereich die Anzahl der Sitze pro Partei und Land mit einer Wahrscheinlichkeit von 5/6 (83,33%) liegt. Darunter geben wir das tatsächliche Ergebnis an. Für die einzelnen Parteien und Bundesländer liegt der beobachtete Wert in 88,54% der Fälle (85 von 96 Fälle) im Rahmen unserer Erwartung.

Tabelle 6: Vorhersage der Sitzverteilung 2 Tage vor der Bundestagswahl 2017

		CDU	SPD	Linke	Grüne	FDP	AfD	CSU	Insgesamt
BB	Vorhersage	8-10	4-6	3-7	1-1	1-1	2-4	0-0	22-27
	Ergebnis	9	4	6	1	2	5	0	25
BE	Vorhersage	6-8	5-7	4-8	3-5	1-3	2-4	0-0	24-32
	Ergebnis	6	5	6	4	3	4	0	28
BW	Vorhersage	38-39	12-19	3-6	8-13	11-24	10-20	0-0	88-116
	Ergebnis	38	16	6	13	12	11	0	96
BY	Vorhersage	0-0	16-22	3-6	6-12	8-15	8-14	46-52	95-112
	Ergebnis	0	18	7	11	12	14	46	108
HB	Vorhersage	1-1	1-2	0-1	0-1	0-0	0-1	0-0	3-6
	Ergebnis	1	2	1	1	0	1	0	6
HE	Vorhersage	18-22	10-16	3-5	4-7	4-8	5-10	0-0	49-60
	Ergebnis	17	12	4	5	6	6	0	50
HH	Vorhersage	4-4	4-6	1-3	1-2	1-2	1-1	0-0	12-17
	Ergebnis	4	5	2	2	2	1	0	16

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

MV	Vorhersage	6-6	2-3	2-4	0-1	0-1	1-2	0-0	12-17
	Ergebnis	6	2	3	1	1	3	0	16
NI	Vorhersage	22-28	18-25	3-6	4-8	4-8	4-7	0-0	62-76
	Ergebnis	21	20	5	6	7	7	0	66
NW	Vorhersage	45-55	36-52	8-14	8-16	12-21	9-17	0-0	133-163
	Ergebnis	42	41	12	12	20	15	0	142
RP	Vorhersage	14-15	8-11	2-4	2-4	3-6	3-5	0-0	33-41
	Ergebnis	14	9	3	3	4	4	0	37
SH	Vorhersage	8-11	6-9	1-2	2-3	2-4	2-3	0-0	24-29
	Ergebnis	10	6	2	3	3	2	0	26
SL	Vorhersage	3-4	1-3	1-1	0-1	1-1	1-2	0-0	8-11
	Ergebnis	3	3	1	1	1	1	0	10
SN	Vorhersage	15-16	4-6	6-12	1-2	2-3	4-9	0-0	35-45
	Ergebnis	12	4	6	2	3	11	0	38
ST	Vorhersage	8-9	3-4	3-6	1-1	1-1	1-2	0-0	18-22
	Ergebnis	9	3	4	1	2	4	0	23
TH	Vorhersage	8-8	2-3	4-7	1-1	1-1	2-3	0-0	18-24
	Ergebnis	8	3	3	1	2	5	0	22

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

Alle	Vorhersage	210-236	132-193	47-91	41-78	53-99	55-104	46-52	640-793
Ergebnis		200	153	69	67	80	94	46	709

Bereits vor der Wahl war abzusehen, dass der 19. Bundestag deutlich größer als die gesetzliche Mindestanzahl von 598 Mandaten wird. Unsere Simulationen zeigen, dass in 5 von 6 Fällen der Bundestag eine Größe zwischen 640 bis 793 Mandaten haben wird. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 96 Prozent sagen wir einen größeren Bundestag als die 631 Sitze der 18. Legislaturperiode vorher. Wir schätzen es auch als durchaus möglich ein, dass der 19. Bundestag sogar mindestens 700 Sitze umfassen wird, dies beziffern wir mit einer Wahrscheinlichkeit von 36 Prozent. Der 19. Bundestag hat nun 709 Sitze, unsere Vorhersage zeigte also auch hier in die richtige Richtung. Abbildung 4 zeigt, dass die Größe des Bundestags in manchen Simulationen sogar mit mehr als 900 Sitzen (der größte von uns simulierte Bundestag hat 1010 Sitze) berechnet wurde.

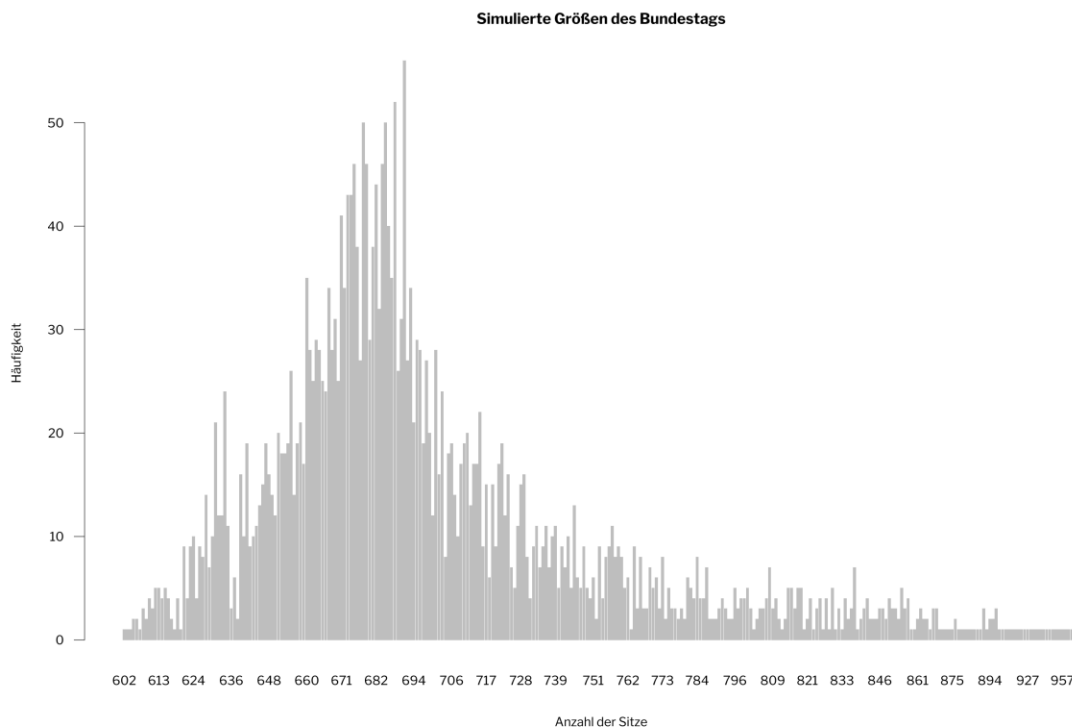


Abbildung 4: Simulierte Größen des 19. Bundestags

Trotzdem gab es für uns überraschende Ergebnisse. So haben wir zum Beispiel die AfD in keinem Wahlkreis auch nur in der Nähe eines Direktmandats gesehen (wie alle anderen Vorhersagen der Direktmandate übrigens auch). Die höchste Wahrscheinlichkeit für den Gewinn eines Direktmandats der AfD sieht unser Modell 2 Tage vor der Wahl bei 2,6 Prozent im Wahlkreis 158 (immerhin liegt diese höchste Wahrscheinlichkeit in einem der drei Wahlkreise, den die AfD gewinnen konnte). Hier lagen wir also in mindestens drei Wahlkreisen deutlich daneben. Genauso zeigt der Blick auf die Sitzverteilung, dass wir die AfD in den neuen Bundesländern tendenziell unterschätzt haben und die CDU in den alten Bundesländern tendenziell überschätzt haben.

5 Diskussion

In diesem Beitrag stellen wir eine Wahlkreisvorhersage basierend auf der bayesianischen Zweitstimmenvorhersage von zweitstimme.org vor. Dafür kombinieren wir (1) ein Zweitstimmenmodell, (2) ein künstliches neuronales Netzwerk als Wahlkreismodell und (3) einen gewichteten proportionalen Swing um die bundesweite Zweitstimmenvorhersage auf die 299 Wahlkreise zu verteilen. Als Ergebnis erhalten wir die Gewinnwahrscheinlichkeit für alle Kandidierenden in ihrem Wahlkreis (Anzahl der Siege im Wahlkreis/Anzahl der Simulationen). Mithilfe dieser Gewinnwahrscheinlichkeit lassen sich bessere Messinstrumente zur Charakterisierung der Kompetitivität eines Wahlkreises und der zu erwartenden Knappheit des Wahlkreisrennens erstellen. Darüber hinaus haben wir eine Einschätzung der Verteilung von Sitzen nach Parteien und Ländern mit 5/6-Kreditabilitätsintervallen angegeben.

Die Vorhersage der Erststimmen ist auch für Listen-Kandidierende ohne Aussicht auf ein Direktmandat relevant, weil je nach tatsächlicher Sitzzahl des Parlaments mit Überhang- und Ausgleichmandaten der Einzug selbst (eines reinen Listenkandidaten) auf den hinteren Plätzen einer Landesliste wahrscheinlicher (oder unwahrscheinlicher) werden kann. Da unsere Vorhersagen letztlich auf Ebene der Kandidierenden gemacht werden, kann man auch die Ergebnisse vor dem Hintergrund von Wiederwahl- bzw. Einzugschancen von Parteikandidierenden in den Bundestag interpretieren. Wir können also im Ergebnis Aussagen machen zur personellen Zusammensetzung des neuen Bundestages, in dem für jeden Kandidaten, ob nur auf einer Liste vertreten, nur in einem bestimmten Wahlkreis antretend oder sowohl in einem Wahlkreis antretend als auch auf einer Liste vertreten, eine Einzugswahrscheinlichkeit berechnet werden kann.

Zudem lässt sich mit der Kombination einer Zweitstimmenvorhersage und dieser Erststimmenvorhersage für jeden unserer 3000 Simulationsdurchläufe eine Sitzverteilung vornehmen und somit die Größe des Bundestags vorhersagen. Damit konnten wir vor der Wahl abschätzen, dass der 19. Bundestag mit sehr großer Wahrscheinlichkeit größer als der 18. Bundestag sein wird. Diese enorme Steigerung der Anzahl an Abgeordneten trifft nicht nur die Steuerzahler, da sich die Kosten erhöhen, sondern führt auch zu Effizienzverlusten bei der tagtäglichen Arbeit im Parlament. Das alles war absehbar und wurde auch von vielen Kollegen und Kolleginnen bereits bei der Einführung des Wahlrechts kritisiert. Wir vermuten, dass dieses Thema uns in dieser Legislaturperiode weiter beschäftigen wird – und soll. Der Stand der derzeitigen Umfragen gibt jedenfalls Anlass zur Sorge, dass der nächste Bundestag noch größer wird, wenn es möglicherweise verfrüht Neuwahlen gibt. Das Wahlrecht sollte daher in dieser Legislaturperiode noch geändert werden, wenn man ein weiteres Anwachsen des Bundestags verhindern möchte.

Schließlich eröffnet das künstliche neuronale Netz für Erststimmen die Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen Wahlkreis-Charakteristiken, Kandidierenden-Charakteristiken und Wahlerfolg genauer zu betrachten. Bislang behandeln wir unser künstliches neuronales Netz als eine „Black Box“, das auf den Trainingsdatensatz gute Vorhersage-Ergebnisse liefert. Welche möglichen Interaktionen dabei vom künstlichen neuronalen Netz „entdeckt“ werden, eröffnet Raum für weitergehende Forschung insbesondere zu Wiederwahl- und Einzugschancen von individuellen Kandidierenden, die in Verbindung mit entsprechenden individualisierten Kampagnenstrategien gebracht werden können (Zittel u. Gschwend 2007, Giebler u. Wüst 2011, Gschwend u. Zittel 2011). Wenn die individuellen Einzugschancen erwartbar knapp sind, sollte sich die Wahlkampfstrategie der Kandidierenden entsprechend anpassen. Umgekehrt lassen sich mit einem solchen Modell auch bestimmte Wahlkampfstrategien systematisch evaluieren.

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

6 Literatur

- Abramowitz, Alan I, Brad Alexander, und Matthew Gunning. 2006. Incumbency, Redistricting, and the Decline of Competition in U.S. House Elections. *The Journal of Politics* 68(1):75–88. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2508.2006.00371.x>.
- Bafumi, Joseph, Robert S. Erikson, und Christopher Wlezien. 2010. Forecasting house seats from generic congressional polls: The 2010 midterm election. *PS - Political Science and Politics* 43(4):633–636. DOI: <https://doi.org/10.1017/S104909651000106X>.
- Beck, Nathaniel, Gary King, und Langche Zeng. 2000. Improving Quantitative Studies of International Conflict: A Conjecture. *American Political Science Review* 94(1):21–35. DOI: <https://doi.org/10.2307/2586378>.
- Behnke, Joachim. 2007. *Das Wahlsystem der Bundesrepublik Deutschland. Logik, Technik und Praxis der Verhältniswahl*. Baden-Baden: Nomos.
- Behnke, Joachim. 2017. *Simulation der Ergebnisse der Bundestagswahl am 24. September 2017 in Hinsicht auf die Größe des Bundestags* abrufbar unter: https://www.zu.de/lehrstuehle/politikwissenschaft/assets/pdf/Bundestag_2017.pdf.
- Behnke, Joachim. 2017. Die mögliche Vergrößerung des Bundestages durch Überhang- und Ausgleichsmandate. *GWP – Gesellschaft. Wirtschaft. Politik* 66(1):59–70. DOI: <https://doi.org/10.3224/gwp.v66i1.06>.
- Cain, Bruce E. 1978. Strategic Voting in Britain. *American Journal of Political Science* 22(3):639–655. DOI: <https://doi.org/10.2307/2110465>.
- Ferrara, Federico, und Erik S. Herron. 2005. Going It Alone? Strategic Entry under Mixed Electoral Rules. *American Journal of Political Science* 49(1):16–31. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0092-5853.2005.00107.x>.
- Ferrara, Federico, Erik S. Herron, und Misa Nishikawa. 2005. *Mixed Electoral Systems: Contamination and Its Consequences*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Giebler, Heiko, und Andreas M Wüst. 2011. Campaigning on an upper level? Individual campaigning in the 2009 European Parliament elections in its determinants. *Electoral Studies* 30(1):53–66. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.electstud.2010.09.018>.
- Graefe, Andreas. 2014. Accuracy of vote expectation surveys in forecasting elections. *Public Opinion Quarterly* 78(S1):204–232. DOI: <https://doi.org/10.1093/poq/nfu008>.
- Gschwend, Thomas. 2007. Ticket-splitting and strategic voting under mixed electoral rules: Evidence from Germany. *European Journal of Political Research* 46(1):1–23. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-6765.2006.00641.x>.
- Gschwend, Thomas, Ron Johnston, und Charles Pattie. 2003. Split-Ticket Patterns in Mixed-Member Proportional Election Systems: Estimates and Analyses of Their Spatial Variation at the German Federal Election, 1998. *British Journal of Political Science* 33(1):109–127. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007123403000005>.

- Gschwend, Thomas, Sebastian Juhl, und Roni Lehrer. 2018. Die „Sonntagsfrage“, soziale Erwünschtheit und die AfD: Wie alternative Messmethoden der Politikwissenschaft weiterhelfen können. *Politische Vierteljahresschrift* 59(3):493–519. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11615-018-0106-8>.
- Gschwend, Thomas, und Thomas Zittel. 2011. Machen Wahlkreiskandidaten einen Unterschied? Die Persönlichkeitswahl als interaktiver Prozess. *Politische Vierteljahresschrift* 54(Sonderheft „Wählen in Deutschland“):371–392.
- Gschwend, Thomas, und Thomas Zittel. 2018. Who brings home the pork? Parties and the role of localness in committee assignments in mixed-member proportional systems. *Party Politics* 24(5):488–500. DOI: <https://doi.org/10.1177/1354068816678884>.
- Hanretty, Chris, Ben Lauderdale, und Nick Vivyan. 2016. Combining national and constituency polling for forecasting. *Electoral Studies* 41(March):239–243. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2015.11.019>.
- Herron, Erik S., und Misa Nishikawa. 2001. Contamination effects and the number of parties in mixed-superposition electoral systems. *Electoral Studies* 20(1):63–86. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-3794\(00\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0261-3794(00)00002-0).
- Huber, Sascha. 2012. *Strukturen des politischen Kontexts und die demokratische Kompetenz der Wähler: Experimentelle Studien zur Urteils- und Entscheidungsbildung* 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos.
- Leininger, Arndt. 2015. Wissenschaftliche Wahlprognosen – Alternative oder Ergänzung zu Umfragen? *Zeitschrift für Parlamentsfragen*(4):675–691.
- Lewis-Beck, Michael S., und Andrew Skalaban. 1989. Citizen Forecasting: Can Voters See into the Future? *British Journal of Political Science* 19(01):146–153. DOI: <https://doi.org/10.1017/S000712340000538X>.
- Linhart, Eric, Johannes Raabe, und Patrick Statsch. 2018. Mixed-member proportional electoral systems – the best of both worlds? *Journal of Elections, Public Opinion and Parties*. DOI: <https://doi.org/10.1080/17457289.2018.1443464>.
- Lodge, Milton, Marco R. Steenbergen, und Shawn Brau. 1995. The Responsive Voter: Campaign Information and the Dynamics of Candidate Evaluation. *American Political Science Review* 89(02):309–326. DOI: <https://doi.org/10.2307/2082427>.
- Manow, Philip. 2013. Mixed Rules, Different Roles? An Analysis of the Typical Pathways into the Bundestag and of MPs' Parliamentary Behaviour. *The Journal of Legislative Studies* 19(3):287–308. DOI: <https://doi.org/10.1080/13572334.2013.786962>.
- Manow, Philip, und Martina Nistor. 2009. Wann ist ein Listenplatz sicher? Eine Untersuchung der Bundestagswahlen von 1953 bis 2002. *Zeitschrift für Parlamentsfragen* 40(3):603–620. DOI: <https://doi.org/10.5771/0340-1758-2009-3-603>.
- Mellon, Jonathan, und Edward Fieldhouse. 2016. The British Election Study 2015 general election constituency forecast. *Electoral Studies* 41:250–254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2015.11.009>.

- Miller, William L. 1972. Measures of Electoral Change Using Aggregate Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 135(1):122. DOI: <https://doi.org/10.2307/2345042>.
- Munzert, Simon. 2017. Forecasting Elections at the Constituency Level: A Correction–Combination Procedure. *International Journal of Forecasting* 33(2):467–481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2016.12.001>.
- Munzert, Simon, Lukas Stötzer, Thomas Gschwend, Marcel Neunhoeffer, et al. 2017. Zweitstimme.org. Ein strukturell-dynamisches Vorhersagemodell für Bundestagswahlen. *Politische Vierteljahresschrift* 58(3):418–441. DOI: <https://doi.org/10.5771/0032-3470-2017-3-418>.
- Murr, Andreas E. 2016. The wisdom of crowds: What do citizens forecast for the 2015 British General Election? *Electoral Studies* 41:283–288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2015.11.018>.
- Murr, Andreas E. 2017. Wisdom of Crowds. In *Handbook of Political Behavior*, Hrsg. Kai Arzheimer, Jocelyn Evans, und Michael S. Lewis-Beck, 835–860. Los Angeles: Sage.
- Nyhuis, Dominic. 2014. Linking Voters, Parties, and Candidate Communication: Strategic Ambiguity in German Elections. Mannheim.
- Panagopoulos, Costas. 2009. Campaign Dynamics in Battleground and Nonbattleground States. *Public Opinion Quarterly* 73(1):119–129. DOI: <https://doi.org/10.1093/poq/nfp010>.
- Pyschny, Anastasia, und Daniel Hellmann. 2017. Wann ist „sicher“ sicher? Kriterien zur Operationalisierung sicherer Wahlkreise im Vergleich. *Zeitschrift für Parlamentsfragen* 48(2):350–369. DOI: <https://doi.org/10.5771/0340-1758-2017-2-350>.
- Ristau, Malte. 2000. Wahlkampf in der Mediendemokratie: Die Kampagne der SPD 1997/98. In *50 Jahre Empirische Wahlforschung in Deutschland: Entwicklung, Befunde, Perspektiven, Daten*, Hrsg. Markus Klein, Wolfgang Jagodzinski, Ekkehard Mochmann, und Dieter Ohr, 465–476. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schneider, Sebastian, und Markus Tepe. 2011. Dr. Right and Dr. Wrong: Zum Einfluss des Dokortitels auf den Wahlerfolg von Direktkandidaten bei der Bundestagswahl 2009. *Politische Vierteljahresschrift* 52(2):248–285. DOI: <https://doi.org/10.5771/0032-3470-2011-2-248>.
- Selb, Peter, und Simon Munzert. 2011. Estimating Constituency Preferences from Sparse Survey Data Using Auxiliary Geographic Information. *Political Analysis* 19(4):455–470. DOI: <https://doi.org/10.1093/pan/mpr034>.
- Shikano, Susumu. 2007. Interactive Mechanism of Mixed-Electoral Systems: A Theory-Driven Comparative Analysis via Computational Modelling and Bayesian Statistics. Mannheim.
- Shikano, Susumu. 2009. Simulating party competition and vote decision under mixed member electoral systems. *AUCO Czech Economic Review* 3:270–291.
- Stoetzer, Lukas F., Marcel Neunhoeffer, Thomas Gschwend, Simon Munzert, et al. 2019. Forecasting Elections in Multi-Party Systems: A Bayesian Approach Combining Polls and Fundamentals. *Political Analysis, im Erscheinen*.

Eine neuronales Netzwerk zur Vorhersage von Erststimmenergebnissen bei Bundestagswahlen

- Stoffel, Michael F. 2014. MP behavior in mixed-member electoral systems. *Electoral Studies* 35:78–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2014.05.003>.
- Stoffel, Michael F. 2014. A Unified Scale of Electoral Incentives. *Representation* 50(1):55–67. DOI: <https://doi.org/10.1080/00344893.2014.902216>.
- Stoffel, Michael F., und Ulrich Sieberer. 2018. Measuring re-election prospects across electoral systems: a general approach applied to Germany. *West European Politics* 41(5):1191–1207. DOI: <https://doi.org/10.1080/01402382.2017.1400273>.
- Stratmann, Thomas, und Martin Baur. 2002. Plurality Rule, Proportional Representation, and the German Bundestag: How Incentives to Pork-Barrel Differ across Electoral Systems. *American Journal of Political Science* 46(3):506–514. DOI: <https://doi.org/10.2307/3088395>.
- Wall, Matthew, Maria Laura Sudulich, und Kevin Cunningham. 2012. What are the Odds? Using Constituency-level Betting Markets to Forecast Seat Shares in the 2010 UK General Elections. *Journal of Elections, Public Opinion and Parties* 22(1):3–26. DOI: <https://doi.org/10.1080/17457289.2011.629727>.
- Weiland, Severin. 2012. Größer als Nordkorea. *Spiegel Online*. abrufbar unter: <http://www.spiegel.de/politik/deutschland/vergroesserung-des-bundestags-durch-neues-wahlrecht-wird-teuer-a-862032.html>.
- Zittel, Thomas, und Thomas Gschwend. 2007. Individualisierte Wahlkämpfe im Wahlkreis: Eine Analyse am Beispiel des Bundestagswahlkampfes von 2005. *Politische Vierteljahresschrift* 48(2):293–321.