

# Replikation als Lehrinstrument in der sozialwissenschaftlichen Methodenlehre

## Der Praxiskurs Datenanalyse und Replikation

### ABSTRACT/ZUSAMMENFASSUNG

Der hier vorgestellte Praxiskurs Datenanalyse und Replikation setzt am Goldstandard wissenschaftlicher Forschung an und unterbreitet einen systematischen Ansatz Reproduktions- und Replikationsprojekte in die studentische Methodenausbildung zu integrieren. Die bisherige Methodenausbildung in der Politikwissenschaft setzt kaum auf den Lerngewinn, den Replikationsprojekte als Mittel des *forschenden Lernens* bieten können. Dieser Artikel argumentiert, dass politikwissenschaftliche Institute insgesamt gut beraten sind, Replikation entweder als Teil von Methodenkursen oder in Form von eigenen Replikationskursen in die studentische Methodenausbildung zu integrieren, um bereits bei Studierenden eine Kultur der Replikation und Reproduktion von Forschungsergebnissen zu verankern. Dieser Artikel arbeitet in einem ersten Schritt zunächst die Unterschiede zwischen Replikation und Reproduzierbarkeit heraus und stellt dann den Mehrwert dieser Projekte für den Lernprozess von Studierenden vor. Der Hauptteil stellt das hier entwickelte Lernprodukt vor und diskutiert die Planung und Durchführung ebenso wie die Anforderungen an Studierende und die Lernziele. Ferner sind die hier entwickelte Lernmaterialien und die Kurstruktur Open Access unter der Lizenz CC-BY-NC-SA lizenziert und können über GitHub abgerufen werden. Durch den hier vorgestellten Praxiskurs kann es gelingen, dass die Studierenden eine Replikationskultur für die eigene Forschung entwickeln, die dem Goldstandard von reproduzierbarer Forschung genügt.

Schlagworte: Replikationsstudien – Datenanalyse – Reproduktivität – Replikation – Politikwissenschaft – Methodenausbildung

The data analysis and replication course presented here capitalizes on the gold standard of scientific research and offers a systematic approach integrating reproduction and replication projects into student methods training. Previous method trainings in political science hardly relies on the learning gain that replication projects offer as a research-based learning environment. However, this article argues that political science should introduce replication as part of method courses assignments or invest in stand-alone replication courses as student method trainings in order to establish a culture of replication and reproducibility. This article first discusses the differences between replication and reproducibility and then presents the added value of these projects for the learning process of students. The main part focusses on the learning product developed here and discusses the planning and implementation as well as the requirements for students and the learning objectives. In addition, all learning materials and the course structure developed here are licensed under the CC-BY-NC-SA open access license and can be accessed via GitHub. This data analysis and replication course can help

students to develop a replication culture for their own research that meets the gold standard of reproducible research.

Key words: Replication – Data analysis – Reproducibility – Replication studies – Political science – Methods training

## Einleitung

Die Diskussion um die Reproduzierbarkeit politikwissenschaftlicher Forschungsergebnisse hat spätestens mit der sogenannten Replikationskrise in der Psychologie (siehe OPEN SCIENCE COLLABORATION 2015) auch in der Politikwissenschaft an Relevanz gewonnen (vgl. u. a. RINKE & WUTTKE 2021; KING 1995; ALVAREZ & NEUBERGER 2021; WEIDMANN 2016; JANZ 2016; DAFOE 2014; ENGZELL & ROHRER 2021; FREESE 2007; JANZ & FREESE 2021; ROHLFING ET AL. 2021; STOJIMENOVSKA, BOL & LEOPOLD 2019). Ferner scheint es nicht nur in der Psychologie, sondern auch in anderen Fachdisziplinen mit der Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen nicht besonders gut bestellt zu sein, wie eine Umfrage in Nature (BAKER 2016) verdeutlicht. Demnach haben mehr als 70% der mehr als 1.500 befragten Forschenden aus den Naturwissenschaften (Chemie, Physik, Umweltwissenschaften, und Ingenieurwissenschaften), Humanwissenschaften (Medizin und Biologie) und anderer Disziplinen bereits die Erfahrung gemacht, dass sie die wissenschaftlichen Experimente von Kolleg\*innen nicht reproduzieren konnten (BAKER 2016). Ferner gaben in diesem Survey mehr als 50% der Forschenden an, auch eigene Forschungsergebnisse nicht reproduzieren zu können. Dabei ist die Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen elementarer Bestandteil guter wissenschaftlicher Praxis und sollte der Goldstandard aller Forschung sein.

Autor\*innen veröffentlichen daher, auch angestoßen durch neu etablierte Publikationsnormen in der politikwissenschaftlichen Forschung und die Replikationskrise wissenschaftlicher Forschung, regelmäßig die Replikationsmaterialien<sup>1</sup> ihrer empirischen Forschung.<sup>2</sup> Wenn Autor\*innen durch replizierbare Forschung Transparenz erzeugen, können andere Forschende den empirischen Wert der entsprechenden Studien nachvollziehen (King 1995). Autor\*innen ermöglichen es so, dass systematisch neues Wissen generiert werden kann. Ferner können Replikationsstudien dazu dienen, dass Originalautor\*innen für ihre Ergebnisse rechen-schaftspflichtig sind (ISHIYAMA 2014; JANZ 2016), indem zweifelhaftes Handeln von Forschenden aufgedeckt und kollektiv geahndet werden kann.

<sup>1</sup> Unter Replikationsmaterialien werden alle systematisch aufbereiteten Informationen und Dokumente verstanden, die notwendig sind, um eine wissenschaftliche Studie zu reproduzieren. Diese Replikationsmaterialien enthalten typischerweise die Datensätze, die Softwareskripte und die Outputs der jeweiligen empirischen Analyse und werden durch ein readme-File strukturiert.

<sup>2</sup> Die Praxis der Publikation der „Reproducibility Files“ ist noch eine relativ neue Praktik in der politikwissenschaftlichen Forschung, wie Dafoe (2014) zeigt.

Während weitestgehend Konsens in der politikwissenschaftlichen Forschung über die Vorteile reproduzierbarer Forschung und den Mehrwert von Replikationsstudien besteht (JANZ 2016: 1; KING 199; ISHIYAMA 2014), fehlt es bislang an systematischen Ansätzen Replikationsstudien, in den Forschungsprozess und die universitäre Lehre zu implementieren. Besonders deutlich wird dies in der politikwissenschaftlichen Methodenlehre. Kaum ein Curriculum nutzt den Mehrwert von veröffentlichten Replikationsmaterialien in der praxisnahen Methodenausbildung von Studierenden (siehe auch JANZ 2016: 2).

Dieser Artikel argumentiert, dass die Herausforderung nicht-reproduzierbarer Forschung und die schwachen Anreize für Forschende Replikationsstudien durchzuführen durch eine systematische Änderung in der Methodenausbildung von Studierenden begegnet werden kann (vgl. auch JANZ 2016; KING 2006). Durch praxisnahe Methodenausbildung auf der Basis von bereits publizierten Studien und der Reproduktion dieser Forschung, werden die Studierenden an den quantifizierenden politikwissenschaftlichen Forschungsprozess herangeführt. Die Studierenden übertragen *good practice* Beispiele aus der aktuellen Forschung auf ihr eigenes Handeln und tragen durch eigene Replikationsstudien substanziell zum Forschungsstand bei. Damit nehmen die Studierende des Kurses nicht nur die Rolle als Konsument\*innen von (politikwissenschaftlicher) Forschung ein, sondern bearbeiten und erweitern den aktuellen Forschungsstand praxisnah durch eigene Forschungsbeiträge. Die Studierenden wenden ferner gute wissenschaftliche Standards der reproduzierbaren Forschung an und erweitern durch die Anwendung fortgeschrittene statistische Methoden ihre Methodenkenntnisse und werden so zu verantwortungsbewussten Forscher\*innen im Sinne von Open Science und wissenschaftlicher Transparenz. Insgesamt ist das hier vorgestellte Seminarkonzept im Sinne des „forschenden Lernens“ (HUBER 2009; HEALY & JENKINS 2009) und dem *Scholarship of Teaching and Learning* (FELTEN 2013; siehe auch HUBER & HUTCHINGS 2005) zu verorten, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Einige wenige, aber prominente Stimmen fordern bereits seit längeren die Inklusion von Reproduzierbarkeits- und Replikationsstudien in die sozialwissenschaftliche Lehre (siehe KING 1995; FRANK & SAXE 2012; FREESE 2007). King argumentiert, dass die Replikation von Forschung „an extremely useful pedagogical tool“ (1995: 445) ist, auch wenn die oftmals eingeschränkte Verfügbarkeit von Replikationsmaterialien dieses Unterfangen in der Vergangenheit mitunter schwierig machte. Mehr als 25 Jahre nach diesem Befund hat sich das grundlegend geändert (siehe auch ALVAREZ, KEY & NÚÑEZ 2018). Die Verfügbarkeit von Replikationsmaterialien in der quantifizierenden politikwissenschaftlichen Forschung ist mehrheitlich zur Norm geworden und ermöglicht es den Studierenden, auf Replikationsmaterialien und Datensätze aus der aktuellen *state-of-the-art* Forschung zurückzugreifen. In qualitativ ausgerichteten Subdisziplinen der Politikwissenschaft ist dagegen die Verfügbarkeit von Replikationsmaterialien mehrheitlich noch ausbaufähig.

Wie auch Janz (2016: 2) feststellt, gibt es bislang keinen Konsens inwiefern und wie Universitäten die systematische Replikation von Forschung in die studentische Lehre und Methodenausbildung einbinden sollten. Dieser Artikel trägt daher durch mehrere Vorschläge sowohl zur hochschuldidaktischen Literatur als auch zur Fachpraxis bei. Dieser Beitrag schlägt vor, dass

Forschende im Sinne des „Forschenden Lernens“ (HUBER 2009; HEALY & JENKINS 2009) Replikationsseminare als Mittel erproben, damit Studierende praxisnah Grundlagen der Transparenz und des Datenzugangs zur Forschungsergebnissen erlernen und so eigene Forschungsprojekte anstoßen können. Zweitens argumentiert der Artikel, dass Replikationsseminare, wie hier konzipiert, nicht erst in der Promotionsausbildung ihren Platz haben, sondern bereits frühzeitig ins Studium (BA- oder MA-Studiengänge) integriert werden sollten. Der Beitrag geht dabei wie folgt vor: Nach einer kurzen Definition von Begriffen wie Reproduzierbarkeit und Replikation diskutiert der Artikel systematisch den Vorteil von Reproduzierbarkeits- und Replikationsstudien für die Studierenden dieses Kurses. Der anschließende Hauptteil des Artikels beschreibt den hier entwickelten didaktischen Ansatz und Kurs und stellt die Open Access Lehrmaterialien vor. Abschließend diskutiert der Artikel die Herausforderungen und Limitationen des entworfenen Kurses und beschreibt, welche Schritte notwendig sind, um Replikationsstudien einen größeren Stellenwert in der sozialwissenschaftlichen Methodenausbildung zu geben.

## Reproduzierbarkeit und Replikation

Um den *Praxiskurs Datenanalyse und Replikation* in einen breiteren Kontext einzuordnen, nutzt dieser Beitrag zunächst einen Blick auf zentrale Begriffe in der Debatte um die Replizierbarkeit von Forschungsergebnissen. Was ist der Unterschied zwischen Reproduzierbarkeit (engl. reproducibility) und Replikation (engl. replication)? Umfasst eine Replikationsstudie nur das reproduzieren der zentralen empirischen Befunde oder trägt ein solche Studie substantielle Punkte zur Forschung bei?

### *Reproduzierbarkeit*

Reproduzierbarkeit beschreibt die computergestützte Reproduzierbarkeit von empirischen Forschungsergebnissen mit Hilfe der von den Originalautor\*innen bereitgestellten Daten und Softwareskripten (siehe u. a. PENG 2011). Autor\*innen verbessern die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse durch das Bereitstellen von Informationen „to understand, evaluate, and build upon prior work“ (KING 1995: 444). Das umfasst nach den Richtlinien der American Political Science Association (APSA) die Bereitstellung des Datenzugangs, Details zur Datenerhebung und -verarbeitung, und Details zur Analyse der zusammengetragenen Daten, die zu den Ergebnissen geführt haben (siehe auch LUPIA & ELMAN 2014, APSA Guidelines). Dies umfasst also das Bereitstellen der Daten, beziehungsweise bei urheberrechtlich geschützten oder sensiblen personenbezogenen (Verhaltens-) Daten mindestens das Bereitstellen der Softwareskripte zur Datensatzerstellung, klar dokumentierte und nachvollziehbare Softwareskripte, als auch die Bereitstellung eines readme-Files, welches Hardware und Softwareanforderungen spezifiziert und alle notwendige Analyseschritte kennzeichnet (siehe auch ALVAREZ & HEUBERGER 2021). Typischerweise

werden die sogenannten *Reproducibility Materials*<sup>3</sup> auf öffentlich zugänglichen Repositorien veröffentlicht, bspw. Harvard Dataverse<sup>4</sup> oder Inter-University Consortium for Political and Social Research (ICPSR)<sup>5</sup>. In den letzten Jahren haben auch zunehmend Open Science Plattformen mit der Möglichkeit der Präregistrierung und Versionskontrolle wie das Open Science Framework<sup>6</sup> oder Dienste zur Versionsverwaltung von Software-Entwicklungsprojekten wie GitHub<sup>7</sup> an Bedeutung gewonnen.

## Replikation

„Scientific claims should not gain credence because of the status or authority of their originator but by the replicability of their supporting evidence“ (OPEN SCIENCE COLLABORATION 2015: 944). Wissenschaftliche Schlussfolgerungen sind folglich von der Replikation der zentralen unterstützten Befunde und Evidenz abhängig. Dabei geht die Replikation von Ergebnissen und Schlussfolgerungen über die bloße Duplikation der Originalresultate hinaus. Eine Replikation umfasst daher den Prozess, in dem die Hypothesen und Befunde einer Studie erneut analysiert werden (vgl. JANZ 2016: 3). Dabei gibt es verschiedene Ansätze, die wissenschaftlichen Schlussfolgerungen und Befunde einer Studie zu replizieren. Laut Carsey (2014: 73) ist eine offene Frage, wie genau eine Replikationsstudie aufgebaut sein sollte. Zentrale Fragestellungen sind, (1) ob die gleichen, ähnliche oder neu zusammengetragene Daten benutzt werden, (2) ob und inwiefern die statistischen Modelle der Originalstudie benutzt oder verfeinert werden und (3) ab wann eine Replikation als gescheitert gilt (siehe auch OPEN SCIENCE COLLABORATION 2015).

Für Forscher\*innen, die eine Studie replizieren, ist der erste Schritt das Herunterladen der *Reproducibility Materials* der Originalstudie. Mit Hilfe dieser Materialien wird versucht, die Ergebnisse der Originalstudie zu reproduzieren bzw. zu duplizieren. Wenn dieser Versuch misslingt, gehen Forschende auf die Suche nach Fehlern im Datensatz, den Softwareskripten oder den Variablen. Wie das prominente Beispiel der Studie „Growth in a Time of Debt“ von Reinhart und Rogoff (2010) zum empirischen Zusammenhang von Staatsverschuldung und Wirtschaftswachstum zeigt, können simple Fehler in der Kalkulation von Forschungsergebnissen erhebliche Fehler in den Schlussfolgerungen nach sich ziehen. Wie der Ökonomiestudent Thomas Herndon mit Ko-Autor\*innen nachweist, haben die Fehler von Reinhart und Rogoff erhebliche Konsequenzen:

<sup>3</sup> Oft auch als *Replication Materials* (Replikationsmaterialien) bezeichnet.

<sup>4</sup> <https://dataverse.harvard.edu/>.

<sup>5</sup> <https://www.icpsr.umich.edu/web/pages/>.

<sup>6</sup> <https://osf.io/>.

<sup>7</sup> <https://github.com/>.

„elective exclusion of available data, coding errors and inappropriate weighting of summary statistics lead to serious miscalculations that inaccurately represent the relationship between public debt and GDP growth among 20 advanced economies“ (HERNDON, ASH & POLLIN 2014: 257).

Replikationsstudien bleiben aber nicht bei der reinen Duplikation von Forschungsergebnissen stehen, die ein wichtiger erster Schritt sind, sondern müssen einen eigenen Forschungsbeitrag leisten (KING 2006). Dieser eigene Forschungsbeitrag kann geleistet werden, indem verschiedene nachfolgende Schritte einzeln durchgeführt oder miteinander kombiniert werden: Replikation durch neu erhobene Daten; Replikation durch Änderung der statistischen Modellierung; Replikation durch Überprüfung/Verfeinerung der statistischen Modellannahmen; zusätzliche Robustheitstests; Änderung zentraler Variablen und Messungen. Dabei stellt sich der Zeithorizont der Replikation von Originalstudien als erheblich zeitaufwendiger dar als die reine Duplikation von Forschungsergebnissen. Da die Studierenden durch ihre Replikationsstudie idealiter einen eigenen substanziellen Forschungsbeitrag leisten, gleichzeitig aber einen angeleiteten Lernprozess durchlaufen, werden alle sechs Stufen der Lernziel-Taxonomie nach Bloom (1956) durchlaufen. Insbesondere bedeutet das Schreiben einer eigenen Replikationsstudie nicht nur Methoden anzuwenden (Stufe 3 nach Bloom's Taxonomie) und Daten zu analysieren (Stufe 4), sondern auch den Forschungsstand zu synthetisieren (Stufe 5) und eigene Argumente und qualitative Urteile über die Befunde abzugeben (Stufe 6). Aus Sicht des Autors ist dieser Praxiskurs damit insgesamt geeignet den Studierenden einen praxisnahen Blick in den quantifizierenden sozialwissenschaftlichen Forschungsprozess zu geben.

### *Gescheiterter Versuch? Was nun?*

Wie das oben skizzierte Beispiel von Thomas Herndon illustriert, können Reproduktions- und Replikationsversuche an unterschiedlichen Punkten vorläufig scheitern. Herndon versuchte zunächst vergeblich, ohne dass die Reproducibility Materials vorlagen, die Befunde der Originalstudie von Reinhart und Rogoff (2010) zu duplizieren, indem er die empirischen Analysen aus der Beschreibung der Originalstudie nachbaute. Herndon konnte jedoch nicht die Ergebnisse der Originalstudie reproduzieren. Erst nachdem die Originalautor\*innen die Daten und Skripte auf mehrmalige Nachfrage zugänglich machten, konnte Herndon die Ergebnisse dem eigentlichen Replikationsversuch unterziehen. Er scheiterte schnell. Den Originalautor\*innen war ein Fehler in der Excel-Tabellenkalkulation<sup>8</sup> unterlaufen, der folgenschwer war.

Anders sieht es aus, wenn zwar die Originalresultate mit Hilfe der bereitgestellten Reproducibility Materials dupliziert werden können, die Originalresultate aber nicht repliziert werden können, wenn an zentralen Stellschrauben, wie der Operationalisierung, den statistischen Modellannahmen oder den Daten justiert wird. Wenn dann eine Replikation scheitert, liegt es an

<sup>8</sup> Es muss erstaunen, dass ein Artikel im *American Economic Review* auf Basis von Excel-Tabellenkalkulationen ohne Peer-Review erschien und erst auf Nachfrage die Reproducibility Materials bereitgestellt worden sind.

den Autor\*innen der Replikationsstudie exakt zu beschreiben, an welcher Stelle die Replikation scheiterte und was die Gründe für das Scheitern sind. Erst mit diesen Informationen und der sorgfältigen Abwägung und Dokumentation sollten Replikationsautor\*innen davon sprechen, dass die Replikation misslungen ist (siehe auch JANZ 2016: 4).

Solche Replikationsstudien, die einen substanziellen Forschungsbeitrag leisten, werden zwar nicht häufig in sozialwissenschaftlichen Journals publiziert, haben aber nichtsdestoweniger eine wichtige, mitunter korrektive Funktion innerhalb der jeweiligen Fachdisziplin, wie das Beispiel von Herndon und Ko-Autor\*innen zeigt (2013). In der Politikwissenschaft gibt es ein zunehmendes Interesse an solchen substanziellen Replikationsstudien, wie die Beispiele von Bell und Miller (2015), Martel García (2014), Behrens und Rohlffing (2018) und Eppner und Ganghof (2015) illustrieren. Des Weiteren finden sich immer mehr Journals, die solche Replikationsstudien zu publizieren.<sup>9</sup>

### *Vorteile von Reproduzierbarkeits- und Replikationsstudien für Studierende*

In den Sozialwissenschaften herrscht eine breite Debatte darüber, inwiefern Replikationsstudien und Reproduzierbarkeitsstudien einen wissenschaftlichen Mehrwert bieten und insbesondere von wem sie durchgeführt werden sollen (siehe JANZ 2016: 5; KING 2006; FRANK & SAXE 2012). Dabei besteht aus Sicht des Autors kein Zweifel daran, dass Replikationsstudien (und auch eingeschränkt Reproduzierbarkeitsanalysen, wenn diese Fehler aufdecken) einen Mehrwert für den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bieten. Das wird insbesondere mit der bahnbrechenden Replikationsstudie im Bereich der Psychologie deutlich (OPEN SCIENCE COLLABORATION 2015) und bestätigt sich ferner in der Debatte um die Replikationskrise der Sozialwissenschaften.

Dabei ergeben sich durch Replikationsstudien als Lehr- und Lernmethode eine Vielzahl an Vorteilen. Diese Vorteile werden zur besseren theoretischen Verortung den vier Dimensionen des forschenden Lernens nach Healey und Jenkins (2009: 9) zugeordnet, welches Forschungsorientierung in der Lehre in vier Dimensionen einteilt:

(1) *research-tutored* beschreibt diejenige Dimension, in der Studierende aktive Teilnehmende an wissenschaftlichen Diskussionen sind, (2) *research-based* beschreibt diejenige Dimension, in der Studierende wiederum aktive Teilnehmende am Forschungsprozess sind, indem sie Forschungsprozesse selbst gestalten; (3) *research-led* beschreibt diejenige Dimension, in der Studierende als Beobachtende über die aktuelle Forschung in ihrer Disziplin lernen; und (4) *research-oriented* beschreibt diejenige Dimension, in der Studierende als Beobachtende Forschungsmethoden und -techniken durch eigenes Anwenden erlernen. Diese vier Dimensionen sind hier nur kurz und abstrakt nach dem Modell von Healey und Jenkins (2009: 9) skizziert.

<sup>9</sup> Als Beispiel sei hier das *Journal of Experimental Political Science; Research and Politics* genannt.

Erstens ermöglicht der systematische Versuch der Replikation es den Studierenden, statistische Verfahren hands-on und mit good practice Beispielen zu lernen (JANZ 2016: 5). Die Studierenden identifizieren dabei die Fallstricke empirischer Forschung, indem sie durch das detaillierte Betrachten der einzelnen Analyseschritte der bereits publizierten Forschungsartikel abstrahieren und sich mit den anderen Studierenden austauschen, welche Probleme bei ihnen bestanden. Ferner beobachten die Studierenden welche Entscheidungen die Forscher\*innen in der empirischen Analyse getroffen haben, wie bspw. der Umgang mit fehlenden Beobachtungspunkten und verschiedene Modellspezifikationen. Studierende können so beschreiben und begründen welche Modellspezifikationen in der zu replizierenden Studie getroffen worden sind und können daraus Schlüsse für die eigene Replikationsstudie ableiten. Das verändert den studentischen Lernprozess hin zum *Forschenden Lernen*. Dieser erste Vorteil des Seminarkonzepts ist in den Feldern *research-led* und *research-tutored* verortet.

Zweitens ermöglicht die Beschäftigung mit der Replikation fremder Forschung den Studierenden einen Blick in die aktuelle Forschung des entsprechenden Feldes. Komplementär zum Literaturreview, welches in der politikwissenschaftlichen Ausbildung ein häufiger Ausgangspunkt studentischer Lernprozesse ist, identifizieren die Studierenden anwendungsbezogen state-of-the-art Methoden und können aus den Details des Datenmanagements Grundsätze für die eigene Forschung ableiten (JANZ 2016: 5). Wie King (2006) feststellt: „The remarkable difficulties students have in replicating published articles teaches more about the state of the literature (...) than reading all the published literature.“ (KING 2006: 120). Auch dieser zweite zentrale Pfeiler des Seminarkonzepts ist den Feldern *research-led* und *research-tutored* verortet.

Drittens entwickeln die Studierende durch das Durchführen einer Replikationsstudie ein Gefühl für reproduzierbare Forschung, welches zu einer „reproducibility routine“ (JANZ 2016: 6) erwachsen kann. Dieser Vorteil des Seminarkonzepts ist als *research-oriented* einzuordnen, da Studierende hier dezidiert Forschungstechniken anwenden und ihre eigene methodischen Fähigkeiten anwendungsbezogen vertiefen. Da die Reproduzierbarkeit von (politikwissenschaftlicher) Forschung häufig an fehlenden Daten, unklaren Softwareskripten und unklaren Analyseschritten scheitern, lernen die Studierende, wie wichtig eine systematische und nachvollziehbare Dokumentation aller Forschungsschritte ist. King beschreibt diesen Lernprozess wie folgt:

„Every year some students are incredulous or stunned by what they find; the experience is in part disheartening, but it also seems to empower students who (correctly) conclude that they can do better“ (KING 2006: 120).

Ferner hilft dieser Lernprozess, Studierende zu professionell handelnden Forscher\*innen auszubilden und mit guten Startvoraussetzungen in eine wissenschaftliche Karriere zu entlassen. Auch in der Industrie gewinnen beispielsweise reproduzierbare Coding-Skills mit dem Aufwuchs verfügbarer Daten immens an Bedeutung, sodass auch diejenigen Studierenden profitieren werden, die keine wissenschaftliche Karriere anstreben.

Viertens besteht für die Studierende die Möglichkeit, die Ergebnisse ihrer Replikationsstudie schon in einer frühen Karrierephase zu publizieren (siehe KING 2006; JANZ 2016). Dieser Vorteil ist in den Dimensionen von Healey und Jenkins (2009: 9) in der Dimension *research-based* zu verorten, wo der ganze Forschungszyklus einer Disziplin in meist projektartigem Arbeiten durchlaufen wird. King argumentiert wie folgt:

„If instead you begin a project from scratch without replication, you need to defend every coding decision, every hypothesis, every data source, every method—everything. In contrast, if you start with replication, you only need to defend the one area you are improving, and you can stipulate to the rest” (KING 2006: 120).

Die Publikationschancen steigen dabei erheblich, wenn Replikationsstudien (1) in der lingua franca der Wissenschaft verfasst sind, (2) einen substanziellen Forschungsbeitrag leisten und (3) die Studierenden von etablierten Forscher\*innen unterstützt werden. Aber auch außerhalb von Journals können Replikationsergebnisse als working paper oder preprint veröffentlicht werden oder beispielsweise auf Onlineplattform Political Science Replication Initiativ anderen Forscher\*innen zugänglich gemacht werden. Insgesamt zeigen die hier skizzierten Überlegungen, dass das Seminarkonzept alle vier Dimensionen des *Forschenden Lernens* nach Healey und Jenkins (2009) abdeckt, wobei ein Fokus auf den Dimensionen *research-based* und *research-oriented* liegt, da weniger der substantielle Inhalt der einzelnen zu replizierenden Forschungsartikel im Mittelpunkt steht, sondern das Lernen über Forschungsprozesse und das Durchlaufen selbiger sowie das Bearbeiten methodischer Probleme.

### *Planung und Durchführung*

Im Folgenden werden das didaktische Konzept des *Praxiskurs Datenanalyse und Replikation* vorgestellt und die Planung der Veranstaltung skizziert. Der Kurs ist in der hier vorgestellten Form als synchroner Präsenzkurs mit substanziellen Selbstlernphasen konzipiert. Der Praxiskurs ist jedoch auch als Selbstlernkurs für erfahrenere Studierende in Kleingruppen anwendbar. Ferner können durch den Open Access Zugang und die CC-BY-NC-SA 4.0 Lizenzierung der Lernmaterialien andere Dozierenden den Kurs verändern und situativ anpassen. Im Sommersemester 2022 hat der hier vorgestellte Praxiskurs als Blockseminar mit insgesamt drei Präsenztagen a 7 Stunden an der Universität Heidelberg, Institut für Politische Wissenschaft, mit 16 Studierenden stattgefunden. In der Zeit zwischen den Präsenzterminen haben die Studierenden eigenständig an ihren Projekten gearbeitet und am letzten Präsenztermin ihre Replikationsstudie vorgestellt. Neben dem wöchentlichen Kursformat sowie der Blockseminarausführung ist ebenso eine Kombination aus synchronen und asynchronen Onlinelehrformaten denkbar. Aus den Erfahrungen des Blockseminars wurde jedoch deutlich, dass ein wöchentlichen Kurskonzept vermutlich

besser geeignet ist als ein verblocktes Modell, da so Studierende eine engere Betreuung erfahren und kleinteiligere Arbeitsaufträge bekommen können.<sup>10</sup>

### *Lernziele*

Für den Praxiskurs Datenanalyse und Replikation werden die nachfolgenden Lernziele definiert. Studierende politikwissenschaftlicher Studiengänge (am Institut für Politische Wissenschaft, Universität Heidelberg) sollen (1) befähigt werden, die Relevanz von Replikation(-sstudien) in der politikwissenschaftlichen Forschung einzuordnen. (2) Ferner sollen die Studierenden nach erfolgreicher Teilnahme am Kurs eigene Forschungsvorhaben so planen und durchführen, so dass diese für Dritte reproduzierbar sind, indem die Studierenden einen bereits veröffentlichten Forschungsartikel mit Hilfe neuer Daten und/oder Methoden replizieren. (3) Ferner reproduzieren die Studierenden einen bereits veröffentlichten Forschungsartikel mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden und Daten. Die Studierenden diskutieren die Ergebnisse der eigenen Replikation, ordnen die Ergebnisse in den Forschungskontext ein, und sollen so befähigt werden eine eigene kurze Replikationsstudie zu verfassen. Alle drei zentralen Lernziele dieses Praxiskurses zielen auf den Erwerb von prozeduralem und anwendungsorientiertem Wissen. Nach der Matrix von Healey und Jenkins (2009) kann der Praxiskurs als vornehmlich *research-based* und *research-oriented* eingeordnet werden, enthält ferner auch Elemente der *research-tutored* und *research-led* Dimension (siehe auch KLÖBER 2020).

### *Ablaufskizze*

Dabei werden in dem geplanten Praxiskurs Forschungs- und Lernzyklus wie folgt miteinander verknüpft: Die Studierende sind zunächst reflektierte Beobachter\*innen, indem sie Forschungsartikel sichten und auf die Eignung für eine Replikation hin untersuchen. In diesem ersten Seminarteil (siehe Tabelle 1) wird ferner erarbeitet, was gute quantitative Forschung ausmacht und was notwendig ist, damit andere Forschende die eigenen Analysen nachvollziehen und replizieren können. Ferner wird gemeinsam erarbeitet, was unter Replikation verstanden wird. Konkret suchen die Studierende nach geeigneten quantifizierenden und bereits publizierten Studien in einem für sie relevanten Forschungsfeld und prüfen inwiefern dieser Artikel geeignet ist, ihn zu replizieren. Dabei orientieren sich die Studierenden an King (2006) und prüfen, ob die Daten und die Softwareskripte zugänglich sind und inwiefern die verwendeten Methoden ihnen bekannt sind oder sie bereit sind diese zu erlernen. Hier ist eine enge Anleitung durch die Seminarleitung notwendig, da die Passgenauigkeit der ausgewählten Studie nach den Kriterien von King

<sup>10</sup> Auszüge aus einer unsystematischen Evaluation des Blockseminars am Ende einzelner Präsenzsitzungen sowie eine eigenständig durchgeführte Evaluation nach Abschluss des Kurses sind im Online Appendix verfügbar und dokumentiert.

(2006) maßgeblich über den weiteren Lernprozess der Studierenden (erfolgreiche Replikation und Arbeitsaufwand) entscheidet.

Im zweiten Schritt des Kurses machen die Studierende sich zunächst mit den Daten der Originalstudie vertraut und entscheiden, welche Art der Replikation sie durchführen möchten. Dann folgt die eigentliche Arbeit: Die Studierende führen eigenständig oder im Team die notwendigen Analyseschritte durch und dokumentieren diese nachvollziehbar (siehe auch Tabelle 1). Sie nutzen zur anschaulichen Dokumentation Abbildungen und Tabellen und speichern diese in geeigneten Formaten.<sup>11</sup> Dabei legen die Studierende in den zu erarbeiteten Forschungsbericht insbesondere ein Augenmerk darauf, inwiefern und in welchem Ausmaß sie die Originalergebnisse reproduzieren konnten (KING 2006: 120). King rät für die Replikation einer Studie dabei mit der kleinstmöglichen Zahl an Verbesserungen zu starten, die neue Ergebnisse produziert. Dieses Ziel kann unter anderem erreicht werden kann, indem an folgenden Stellschrauben gearbeitet wird:

„missing data, selection bias, omitted variable bias, the model specification, differential item functioning, the functional form, etc., adding control variables or better measures, extending the time series and conducting out-of-sample tests, applying a better statistical model“ (KING 2006: 120).

Die Studierenden arbeiten ferner kollaborativ und unterstützen sich gegenseitig, indem in mehreren Iterationsschleifen der Code der jeweiligen Peers kommentiert wird und auf dem eigenen Computer der Code der Partner\*innen durchlaufen wird. Hierzu finden in diesem Kursabschnitt sogenannte Cross-Checks statt, welche nachfolgend noch näher erläutert werden.

Im dritten Schritt des Kurses fassen die Studierenden ihre Ergebnisse in einem Forschungsbericht zusammen und erläutern insbesondere was der Beitrag ihrer Replikation für das konkrete Forschungsfeld ist (value added). Ferner dokumentieren sie alle Analyseschritte transparent und machen die entsprechende Softwareskripte und Daten ihren Kommiliton\*innen und den Dozierenden zugänglich.

### *Veranstaltungsdesign und Sitzungsüberblick im Detail*

Der hier dargestellte exemplarische Ablauf des Praxiskurs Datenanalyse und Replikation hat enorm von bereits veröffentlichten Arbeiten von King (1995; 2006) sowie Janz (2016) profitiert. Wie in Tabelle 1 dargestellt kann der Replikationskurs durch fünf aufeinander aufbauende Blöcke strukturiert werden. Durch diesen Ablauf können interessierte Dozierende den Kurs entsprechend der eigenen Präferenzen und studiengangbezogenen Vorgaben anpassen. In insgesamt

<sup>11</sup> In der ersten Iteration des Kurses im Sommersemester 2022 hat sich gezeigt, dass häufig die Ausgabe der Tabellen und Abbildungen durch den Reproduktionscode der Originalautor\*innen nicht oder nur mangelhaft dokumentiert ist. Hier bedurfte es durch die Studierenden viel Arbeit, damit entsprechende Forschungsausgaben extrahiert werden konnten.

zwölf Einzelsitzungen à 90 min<sup>12</sup> werden die Studierende angeleitet, eigenständig an ihren Replikationsprojekten zu arbeiten und so den sozialwissenschaftlichen Forschungsprozess zu durchlaufen. Gleichzeitig profitieren die Studierenden erheblich von gemeinsamer Arbeit und Peer-Feedback-Schleifen in diesem Kurs, die im weiteren Verlauf noch exemplarisch näher erläutert werden. Nachfolgend sind einzelne wichtige Sitzungen und deren Inhalt näher erläutert.

Woche	Thema	Block
1	Einführungssitzung	Basisverständnis Replikation und Datenanalyse
2	Was ist replizierbare sozialwissenschaftliche Datenanalyse?	
3	Auswahl einer geeigneten Studie zur Replikation	Aktives Ausprobieren: Reproduktion einer Originalstudie
4	Praktische Session	
5	Präsentation der Ergebnisse und Cross-Check	
6	Cross-Check (keine Seminarsitzung)	Cross-Check und Peer Feedback
7	Cross-Check Reports und weiterer Plan	
8	Reproduktionsstudie zur Replikation mit Mehrwert machen	Aktives Ausprobieren: Replikationsstudie erarbeiten (Code-Arbeit)
9	Reproduktionsstudie zur Replikation mit Mehrwert machen II	
10	Replikationscodes veröffentlichen	Replikationsstudie verfassen und Peer-Feedback
11	Schreiben des Replikationspaper-Drafts	
12	Schreiben des Replikationspaper-Drafts II und Abschluss	

**Tabelle 1:**  
Übersicht Seminarsitzungen

<sup>12</sup> Zwei davon können nicht in Präsenz stattfinden, sodass Studierenden in diesen Sitzungen die Möglichkeit haben, individuelle Beratungsangebote wahrzunehmen.

Im ersten Block *Basisverständnis Replikation und Datenanalyse* (Woche 1 und 2) nehmen die Studierenden die Rolle von aktiven Beobachter\*innen ein und erarbeiten gemeinsam mit den Dozierenden, ob es eine Replikationskrise in den Sozialwissenschaften gibt und wie replizierbare sozialwissenschaftliche Datenanalyse durchgeführt werden kann. Hierzu lesen die Studierende wissenschaftliche Artikel, die als Grundlage für die Sitzungsarbeit dienen. In mehreren aufeinander aufbauenden Arbeitsphasen tragen die Studierenden zunächst zusammen, was für sie „gute“ quantitative Forschung ist und sichern das auf einem Flipchart (Gruppenarbeit). Die Ergebnisse werden im Plenum vorgestellt und diskutiert und anschließend mit Kriterien von King (1995, 2006) und Alvarez und Heuberger (2021) abgeglichen. Anschließend werden anhand von konkreten Beispielen von Reproduktionsmaterialien den Studierende der grundlegende Aufbau solcher Dateien und Ordner erläutert. Für Duplikationsvorhaben und Replikationsvorhaben werden zwei Checklisten vorgestellt. Anschließend schreiben die Studierenden zur Ergebnissicherung ein kurzes X-Minute Paper, wie sie ihre Replikationsvorhaben planen.

Im zweiten Block *Reproduktion einer Originalstudie* lernen die Studierenden durch aktives Ausprobieren einen Teil des sozialwissenschaftlichen Forschungsprozesses kennen. In Sitzung 3 werden zunächst Leitlinien erarbeitet, mit Hilfe derer geeignete Originalstudien gesucht werden. Die Studierenden suchen dann nach interessanten Originalstudien mit quantifizierenden Vorgehen. Besonders wichtig ist hier das enge Monitoring, damit die Teilnehmenden des Kurses eine Studie auswählen, die zeitlich und kapazitär<sup>13</sup> für die Studierenden handhabbar ist. Die Studierenden besprechen ihre Auswahl mit der Seminarleitung und erst nach der Freigabe durch die Seminarleitung erfolgt die weitere Arbeit am Projekt. Dieser Schritt ist notwendig, da die Studierenden sonst Gefahr laufen, Studien auszuwählen, die sie weder zeitlich noch von den anzuwendenden Methoden bewältigen können.

Leitlinien für eine geeignete Studie sind dabei die folgenden Kriterien: Eine Originalstudie sollte nur dann ausgewählt werden, wenn die Reproducibility Materials über die Zeitschriftenwebsite, Harvard Dataverse, GitHub oder andere Plattformen öffentlich verfügbar sind. Besonders wichtig erscheint hier, dass auch die Originaldaten mit zur Verfügung stehen bzw. selbstständig heruntergeladen werden können. Janz hat in ihrem Replikationskurs die Erfahrung gemacht, dass das data wrangling und Zusammentragen von neuen Daten die Studierenden regelmäßig zumindest zeitlich überforderte (JANZ 2016: 9). Zweitens sollten die Studierenden Originalstudien auswählen, die in hochrangigen Journals veröffentlicht worden sind, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass die Replikationsstudie Publikationschancen hat. Drittens sollte das Paper typischerweise nicht älter als fünf Jahre sein, damit ebenso die Publikationschancen gewahrt bleiben. Viertens sollte die Originalstudie statistische Methoden verwenden, die für die Studierenden entsprechend beherrschbar sind. Die Studierenden sollten vor Kursbeginn bereits entsprechende Kenntnisse vorweisen können oder das statistische

<sup>13</sup> In Bezug auf die vorhandenen Software- und Hardware-Anforderungen und Methodenkenntnis.

Verfahren ist im Rahmen des Seminars erlernbar. Grundlegend ist der Kurs auch für diejenigen Studierende geeignet, die noch wenig eigene Erfahrung mit quantifizierenden Analysen haben, wenn gleichzeitig das zu replizierende Paper „einfachere“ Regressionsverfahren nutzt und das Monitoring durch die Seminarleitung entsprechend angepasst wird.

Eine weitere Herausforderung für die Studierenden ist die Organisation des Arbeitsablaufs und die Re-Analyse der Originalbefunde sowie deren Vergleich mit den Reproduktionsergebnissen. Originalstudien präsentieren die Befunde in verschiedenen Formaten, bspw. in Regressionstabellen, Textbeschreibungen, Koeffizienten-Plots<sup>14</sup>, marginal effects-Plots<sup>15</sup> oder anderen Abbildungsformen. Um den Studierenden eine bessere Übersicht über die zentralen Befunde der Originalstudie zu geben, empfiehlt es sich, dass die Studierenden zunächst alle Ergebnisse aus der Originalstudie in einem separaten Ordner als einzelne Dateien ablegen (bspw. als Screenshots oder csv-Dateien). Das gibt den Studierenden einen Anhaltspunkt, welche Ergebnisse sie replizieren und kann ihr Vorgehen strukturieren. Dieser Arbeitsauftrag ist wenig zeitaufwendig und verlangt kein ausgeprägtes Monitoring durch die Seminarleitung.

Nach der Re-Analyse mit den Originaldaten und –softwareskripten präsentieren die Studierenden in der fünften Sitzung nach intensiver Einzelarbeit die Ergebnisse ihrer Reproduktionsanalyse und sollte spezifizieren „the extent to which you were able to replicate the author’s results“ (KING 2006: 120). Die Studierenden stellen ihre Reproduktionsanalysen ihren Kommilitonen\*innen vor, während sich die zuhörenden Studierenden notieren, wo sie sich wiederfinden können. Mit der Vorstellung ihrer Ergebnisse präsentieren die Studierenden im Kurs das erste Mal die eigenen Forschungsergebnisse und reflektieren darüber inwiefern die Ergebnisse der Originalautor\*innen reproduzierbar sind, und ob die Studierende selbst Fehler in der Reproduktion gemacht haben. Dadurch das Studierende sehen, dass auch in bereits publizierter Forschung Fehler oder begründungsbedürftige Entscheidung enthalten sind, sollte den Studierenden das Einräumen eigener Fehler leichter fallen als in anderen Lernkontexten.

Im dritten Block *Cross-Check und Peer Feedback* des Kurses (Woche 6 und 7) geht es ferner darum, dass die Studierende mit Hilfe eines Cross-Checks ihrer Reproduktionsergebnisse die Validität ihrer Analysen verbessern und sich gegenseitig zu ihren Reproduktionsmaterialien Feedback geben. Der Cross-Check ist ein konkreter Arbeitsauftrag, der angelehnt an Alvarez und Heuberger (2021), die Übergabe der Duplikationsmaterialien an Mitstudierende und das Kommentieren dieser Materialien durch die Peers vorsieht. Der Cross-Check wird im Seminar systematisch vorbereitet und die Studierenden erarbeiten gemeinsam eine Leitlinie, wie sie den Cross-Check durchführen. Anhand dieser Leitlinien, schreiben die Studierenden im Anschluss einen kurzen max.

<sup>14</sup> Darstellung der Regressionskoeffizienten als Abbildung statt als Regressionstabelle.

<sup>15</sup> Reihe an Abbildungen, die mit Hilfe von Simulationen den substanziellen Effekt einer Variable auf das Outcome schätzt. Damit werden die quantities of interest veranschaulicht.

500 Wörter langen technischen Report zu ihren Cross-Check, der den jeweiligen Peers zugesendet wird. Dabei adressieren die Studierenden im Cross-Check Report, inwiefern es ihnen gelungen ist, den Code durchlaufen zu lassen, ob sie alle Analyseschritte verstanden haben, inwiefern die Variablenbenennung eindeutig war und welche Probleme und Fehler sie festgestellt haben.

In der siebten Sitzung stellen die Studierende ihre Cross-Check Reports zunächst in einer Kurzpräsentation ihren Kommiliton\*innen vor. Gemeinsam überlegen die Studierenden nun, wie es mit den einzelnen Ergebnissen weitergehen kann. Das ist der erste Schritt, wie aus der reinen Reproduktionsanalyse eine Replikationsstudie werden kann. Ferner arbeiten die Studierenden an der Problemlösung in ihren Reproduktionsanalysen, die in den Cross-Checks aufgedeckt worden sind. Am Ende der siebten Sitzung erarbeiten sich Studierende in einer ersten Expert\*innen-Gruppenphase, wie sie etwas zur Forschung beitragen könne (added value). In vier Expert\*innen-Gruppen werden die folgenden Felder bearbeitet: Theoretischer Beitrag; Sample und Datenqualität; Operationalisierung und Variablen; Modellspezifikationen und Robustheitstests. In der achten Sitzung erarbeiten die Studierenden durch ein Gruppenpuzzle auf Basis von Grundlagenlektüre von King (1995; 2003; 2006) und der Ergebnisse aus den Expert\*innen-Gruppen einen Plan, wie sie ihre Reproduktionsanalyse zu einer Replikationsanalyse machen können. Damit endet der dritte Block.

Im vierten Block *Aktives Ausprobieren: Replikationsstudie erarbeiten (Code-Arbeit)* werden zunächst Entscheidungshilfen eingeführt, in welche Richtung die eigene Replikationsstudie gehen kann. Das hängt im Wesentlichen davon ab, inwiefern die Reproduktionsanalyse erfolgreich war. Hauptarbeit für Studierende in diesem Block ist jedoch die weitere konzentrierte Arbeit an ihrer eigenen Replikationsstudie. Um einen substanziellen Forschungsbeitrag zu leisten, reicht es in der Regel nicht aus, dass die Studierenden die Ergebnisse (nicht) reproduzieren können. Es bedarf eines substanziellen Forschungsbeitrags, der über verschiedenen Strategien erreicht werden kann. Ausgangspunkt dieser Überlegungen muss ein tieferes theoretisches Verständnis der Kausalmechanismen und der Literatur des entsprechenden Forschungsbereichs sein. Die Studierenden erarbeiten sich daher in diesem Arbeitsschritt durch eine systematische Literaturrecherche<sup>16</sup> den aktuellen Forschungsstand und suchen nach weiteren Anknüpfungspunkten. Substanzielle methodologische Verbesserungen müssen mit den gewonnen theoretischen Einsichten verknüpft werden und können erreicht werden, indem Kings Rat gefolgt wird:

„Next, you should run some controlled methodological experiments designed to advance the state of knowledge about the substantive project. That is, make one improvement, or the smallest number of improvements possible to produce new results, and show the results so that we can attribute specific changes in substantive conclusions to particular methodological changes“ (KING 2006: 120).

<sup>16</sup> Techniken der systematischen Literaturrecherche und –systematisierung haben Studierende der Politikwissenschaft in Heidelberg typischerweise bereits in den Grundlagenmodulen erlernt. Dies wird als Grundlagenkompetenz vorausgesetzt.

## Konkret umfasst das den Umgang mit

„missing data, selection bias, omitted variable bias, the model specification, differential item functioning, the functional form, etc., adding control variables or better measures, extending the time series and conducting out-of-sample tests, applying a better statistical model“ (KING 2006: 120).

Diese Techniken werden ausführlich im Seminar besprochen und Studierenden wird in Einzelberatungsgesprächen ein Handlungsrahmen gegeben.

Im fünften Block *Replikationsstudie verfassen und Peer-Feedback* werden zunächst die Standards für Reproduktionsmaterialien erneut besprochen und um die Erstellung eines readme-Dokument erweitert. Die Studierenden sind dann in der zehnten Sitzung aufgefordert, die Reproduktionsmaterialien für ihre Replikationsstudie den anderen Studierenden des Kurses und der Seminarleitung zugänglich zu machen. Ferner werden in der zehnten Sitzung Repositorien vorgestellt und das Speichern von Reproduktionsmaterialien (insbesondere urheberrechtlich geschützte Daten) aus einer rechtlichen Sicht problematisiert. In der elften Sitzung geht es darum, dass die Studierenden ihre Replikationsstudie verschriftlichen und einen Arbeitsplan für diesen Prozess erstellen. Die Studierende erarbeiten eine klare Argumentationslinie und einen Gliederungsentwurf und gleichen diese mit Hinweisen von King (2006) ab. In der Vorbereitung auf die abschließende Sitzung erarbeiten die Studierenden eine Kurzpräsentation und ein aussagekräftiges Abstract für ihre Replikationsstudie, welches sie den anderen Studierenden über die zentrale Lernplattform zugänglich machen. In der zwölften Sitzung werden zunächst die vorbereiteten Vorträge gehalten und gemeinsam Potentiale und Schwachpunkte erörtert. Ferner werden für das studentische Peer-Review Verfahren die Replikationsstudien der Studierenden entsprechend zugeordnet. Die Zuordnung der Peers erfolgt durch die Seminarleitung, da diese einen Überblick über die verwendeten Programmiersprachen der einzelnen Studie hat und die substanziellen Forschungsinteressen zuordnen kann. Die Studierenden erarbeiten nach der letzten Sitzung ihre finale Replikationsstudie bis zu einem festzusetzenden ersten Abgabedatum. Anschließend verfassen die Reviewer\*innen innerhalb von ca. zwei Wochen ein schriftlichen Peer-Review und machen das ihren Kommiliton\*innen zugänglich. Das Peer-Review Verfahren wird durch einen Leitfaden angeleitet, den die Studierende als Selbstlernmaterial zur Verfügung gestellt werden. In diesem Leitfaden wird hervorgehoben, wie ein Review formuliert wird und worauf zu achten ist.<sup>17</sup> Ferner können die Studierenden die in Sitzung 6 und 7 erarbeiteten Leitfaden zum Kommentieren nutzen. Das finale Replikationsmanuskript wird unter Berücksichtigung der Kommentare aus dem Peer-Review überarbeitet und

<sup>17</sup> Die Studierenden erhalten hierzu Zugang zu einem Onlinekurs, in dem diskutiert wird, welche Funktion Peer-Reviews haben und worauf beim Verfassen zu achten ist. Dieser ist hier zu finden: <https://webofscienceacademy.clarivate.com/learn/course/external/view/elearning/119/an-introduction-to-peer-review>.

schließlich zur finalen Begutachtung an die Seminarleitung abgegeben. Diese Abgabe ist ferner der zentrale Prüfungsnachweis, wenn Noten vergeben werden.

Das Peer-Review Verfahren nimmt dabei mehrere Funktionen ein. Erstens ist es gute wissenschaftliche Praxis, Paperdrafts an Kolleg\*innen zu senden um Feedback zu erhalten. Zweitens können andere Studierende von den Replikationsstudien ihrer Kolleg\*innen profitieren und den Prozess des Peer-Review einüben und substanzielle Kommentare zu den Werken anderer geben. Drittens ist das Peer-Review Verfahren als auch der Cross-Check der Reproduktionsmaterialien ein Verfahrensmittel, damit die Studierenden reproduzierbare Forschung einreichen. Viertens zeigt das Peer-Review Verfahren den Studierenden den Ablauf des wissenschaftlichen Publikationsprozesses auf und führt diese an eine mögliche Journalpublikation heran. Dieser Lernprozess wird angereichert durch einen Input der Seminarleitung, wie der Publikationsprozess in politikwissenschaftlichen Journals strukturiert ist.

### *Formale Rahmenbedingungen*

Der Praxiskurs Datenanalyse und Replikation kann wahlweise in sozialwissenschaftlichen BA- oder MA-Studiengängen (insbesondere Politische Wissenschaft) implementiert werden. Ferner ist die Konzeption des Kurses auch grundlegend geeignet auf andere sozialwissenschaftliche Disziplinen angewendet zu werden, bspw. der Soziologie (siehe auch Freese 2007), der Ökonomie und der Psychologie. Die entsprechenden Anforderungen der Curricula müssten ggf. entsprechend modifiziert werden. In vielen politikwissenschaftlichen Curricula (auch an der Universität Heidelberg) wird *Forschendes Lernen* explizit mitgedacht.<sup>18</sup> Zusätzlich zu den Anforderungen des Curriculums lernen die Studierenden ferner die Notwendigkeit der transparenten Dokumentation des Forschungsprozesses kennen und werden befähigt, replizierbare Ergebnisse und Forschungsarbeiten zu verfassen.

### *Leistungsüberprüfung und Erwartung an die Studierenden*

Je nach Einbindung in das jeweilige Curriculum kommen im Rahmen des Praxiskurses unterschiedliche Leistungsüberprüfungen in Betracht. Hauptfokus des Praxiskurses ist das finale Projekt der Studierenden, in der Regel die Reproduktion und ggf. Ausweitung der Ergebnisse bereits publizierter Arbeiten (Replikation). Die Studierenden fassen ihre Ergebnisse in einem Forschungsbericht zusammen und erläutern insbesondere was der ausgewählte Forschungsbereich von der Replikation lernt. Ferner dokumentieren die Studierenden alle Analyseschritte

<sup>18</sup> Bspw. im Mastermodul Vergleichende Politikwissenschaft der Uni Heidelberg: „Absolventen des Moduls werden in die Lage versetzt, Forschungsvorhaben aus dem Bereich der vergleichenden Analyse politischer Systeme eigenständig in theoretischer und methodischer Hinsicht zu konzipieren, durchzuführen, in mündlicher Form vor Publikum zu präsentieren und in schriftlicher Form auszuarbeiten.“

transparent und machen die entsprechende Softwareskripte und Daten zugänglich. Diese Abschlussausarbeitung kann als Hausarbeit im Rahmen des BA- und MA-Studiengangs dienen. Ferner kommen als mündliche Leistungen die Beteiligung der Studierenden im Seminar und die Kurzpräsentation als Bewertungsgrundlage in Betracht. Um die Seminaratmosphäre jedoch produktiv zu halten, ist letztes kritisch zu sehen, damit die Studierende nicht unter dem Druck des Erbringens einer mündlichen Leistung weniger bereit sind, Fehler transparent zu kommunizieren und gegenseitige Arbeiten kritisch zu reflektieren. Ferner sind Varianten des formativen Assessments denkbar, mit Hilfe derer die Bewertung nicht am Ende, sondern während des Lernprozess stattfindet. Ob und inwiefern ein formatives Assessment prüfungsrechtlich möglich ist, ist individuell zu prüfen.

Für den Praxiskurs wird von den Studierenden ein hohes Engagement und die Bereitschaft zum kontinuierlichen Arbeiten mit Programmiersprachen wie R oder Softwareanwendungen wie STATA erwartet. Der Praxiskurs lebt von der vorbereiteten und aktiven Teilnahme der Studierenden, die sich vor den Präsenzsitzungen entsprechend mit dem Studium der elementaren Grundlagenlagenlektüre vorbereiten. Im Rahmen formativer Assessments kann hier ggf. geprüft werden, wie das Verständnis der jeweiligen Grundlagenlektüre ausgeprägt ist.<sup>19</sup> Ferner sollten die Studierenden bereit sein, wöchentlich mindestens vier Zeitstunden für die Vor- und Nachbereitung der Sitzung aufzuwenden. Diese Vor- und Nachbereitung umfasst insbesondere die kontinuierliche Arbeit an eigenen Softwareskripten zur Replikation sowie die Recherche zu Problemen in der Lösung von statistischen Programmierproblemen. Dies wird den Studierenden am Anfang des Seminars als notwendige aber nicht hinreichende Anforderung kommuniziert und mit den Studierenden ein gemeinsamer Code-of-Conduct erarbeitet. Dies geschieht indem in Kleingruppengespräche am Anfang des Seminars jeweils drei DOs and DON'Ts gesammelt werden, wie im Kurs zusammengearbeitet werden soll. Die Ergebnisse werden gemeinsam zusammengefasst und beschlossen. Ferner steht die Seminarleitung für Rückfragen regelmäßig als Ansprechpartner im Praxiskurs und darüber hinaus in Sprechstunden zur Verfügung.

Zu den Voraussetzungen, welche die Studierenden mitbringen sollten, gehört insbesondere das Beherrschen einfacher statistische Analysen und Tests (deskriptive Statistik, einfache lineare Regressionsmodelle, t-test, F-test). Ferner sollten die Studierenden mit einer Programmiersprache ihrer Wahl vertraut sein und insbesondere einfache sogenannte data wrangling Schritte eigenständig durchführen können. Das umfasst das merging von Datensätzen, die Filterung von Daten nach bestimmten Kriterien, sowie die Erstellung von Variablen mit ifelse-Bedingungen. Notwendige Voraussetzung ist zudem, dass die Studierenden einen eignen Laptop sowie die notwendigen Programme (RStudio inklusive R oder STATA) installiert haben. Ein grundlegendes Verständnis dieser Programmiersprachen wird voraus-

<sup>19</sup> In der ersten Durchführung des Kurses im Sommersemester 2022 wurden keine solchen formativen Assessment durchgeführt. Die Seminarleitung hatte damit auch keinen Überblick inwiefern die Grundlagenlektüre systematisch studiert worden ist.

gesetzt. In der ersten Iteration des Praxiskurses hat sich gezeigt, dass in der Tat die Studierenden häufig Schwierigkeiten in data wrangling Prozessen haben und teilweise wenig vertraut sind mit objektbasierten Programmiersprachen.

### *Rolle der Dozierenden*

Der Praxiskurs Datenanalyse und Replikation macht von Seiten der Dozierenden fundierte Kenntnisse in der statistischen Analyse von sozialwissenschaftlichen Daten notwendig. Ferner sollten Dozierende dieses Praxiskurses mit mindestens einer objektbasierten Programmiersprache vertraut sein. Dozierende dieses Praxiskurses sollten demnach ausgewiesene Expert\*innen in der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse sein, um kompetent den Lernprozess der Studierenden anleiten zu können.

Nichtsdestoweniger geht in diesem Kursformat weniger um das Vermitteln von Expert\*innenwissen, sondern um die aktive Begleitung der eigenständigen Lernprozesse der Studierenden. Dozierende dieses Praxiskurses nehmen demnach die Rolle als sogenannte Facilitator ein (KAUFMANN & EGGENSPERGER 2017: 13–23), indem sie den Studierenden ermöglichen, zu aktiven Partner\*innen zu werden in einem von den Studierenden gesteuerten Lernprozess. Dozierende vermitteln in dem Kurs zu Beginn, dass die Studierenden für ihren Lernfortschritt verantwortlich sind, wodurch idealiter dadurch gleichzeitig aber in gemeinsamer Verantwortung von Studierenden und Dozierenden eine produktive Kursatmosphäre entsteht, indem die Lehrperson in der Rolle als Facilitator den Lernprozess der Studierenden begleitet und anleitet. Eine produktive Seminaratmosphäre wird etabliert, indem Dozierende responsiv sind, systematisch Zwischenevaluierungen nutzen und eigene Fehler aus dem Forscher\*innenleben transparent machen, sodass gleichzeitig eine positive Fehlerkultur entstehen kann.

### *Risikoanalyse*

Die Studierenden der Politikwissenschaft (in Heidelberg) im Masterstudiengang haben je nach vorherigen Studienort sehr unterschiedliche Kenntnisse sozialwissenschaftlicher quantitativer Analysetechniken vorzuweisen. Die verschiedenen Studienstandorte in Deutschland, an denen Politikwissenschaft angeboten wird, legen unterschiedlich großes Augenmerk auf eine fundierte statistische Methodenausbildung. Im Bachelorstudiengang sind die Kenntnisse von Datenanalyseverfahren häufig zwar homogener, jedoch nicht ausreichend für anspruchsvolle sozialwissenschaftliche Datenanalysen.<sup>20</sup> Die Kenntnisse der Instrumente der Datenanalyse mit Hilfe von Regressionsverfahren und anderen statistischer

<sup>20</sup> Dieses Bild kann an anderen Universitäten anders aussehen.

Verfahren stellt daher eine erste systematische Herausforderung dar. Auch wenn diese Herausforderung besteht, eignet sich insbesondere das hier präsentierte Kursformat dazu, dass die Studierenden fundierte Kenntnisse hands-on erlernen, indem sie mit hochwertigen Reproduktionsmaterialien von Forscher\*innen arbeiten. Dies hängt maßgeblich von der Arbeitsbereitschaft der Studierenden und der Qualität der Reproduktionsmaterialien ab.

Eine zweite Herausforderung stellen die notwendige Programmierkenntnisse in objektbasierten Programmiersprachen dar. In der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse setzen sich insbesondere in der Analyse großer Datenmengen objektbasierte Programmiersprachen wie R oder Python durch. Daher sind häufig auch entsprechende Reproduktionsmaterialien in diesen Sprachen geschrieben. Die Studierenden am Institut für Politische Wissenschaft der Universität Heidelberg lernen jedoch im methodischen Grundlagenmodul die mit einem Graphical User Interface ausgestattete Statistiksoftware STATA kennen. Entsprechend kann es je nach Auswahl der Originalstudie zu entsprechenden Schnittstellenproblematiken kommen. Ferner zeigt sich, dass Studierende insbesondere in der objektbasierten Programmierung von data science Projekten erheblichen Übungsbedarf haben (u. a. MEYER 2021; WILLIAMS 2021).

Eine dritte Herausforderung, die das Risiko erhöht, dass die Studierenden den Kurs nicht erfolgreich als Lernumgebung nutzen können, ist der oft schwer zu kalkulierende Arbeitsaufwand für bestimmte Analyseschritte der Reproduktion und Replikation von Originalstudien. Der Arbeitsaufwand für die Lösung von einzelnen Fehlern oder statistischen Annahmen/Regressionstechniken sollte nicht unterschätzt werden. Hier können jedoch insbesondere die engagierten User Communities von R und Stata für die Studierenden hilfreich sein.

## Diskussion und Ausblick

Das hier beschriebene Lernprodukt ist ein erster Schritt zur systematischen Inklusion von Datenanalyse- und Replikationskenntnissen in die sozialwissenschaftliche Methodenausbildung. Dies erscheint insbesondere aufgrund der oft ausbaufähigen Qualität von Reproduktionsmaterialien bereits publizierter Forschung, der Frage nach der Replikationskrise der Sozialwissenschaften und dem stetigen Aufwuchs von sozialwissenschaftlichen relevanten Daten ein erster Ansatz zu sein, um die Kompetenz mit dem Umgang von großen Datenmenge (auch mit der Hilfe von good practice Beispielen) praxisnah zu erlernen.

Wie eingangs beschrieben ist die Reproduktion und Replikation der Goldstandard aller wissenschaftlicher Forschung (siehe u. a. OPEN SCIENCE COLLABORATION 2015), welche aber bislang wenig systematisch in der studentischen Methodenausbildung in der Politikwissenschaft als Kompetenz erlernt wird (JANZ 2016). Dieser Goldstandard kann künftig besser erreicht werden, wenn Studierende bereits in der Methodenausbildung systematisch an nachvollziehbar dokumentierte Forschung herangeführt werden und entsprechende Programmierkenntnisse erlernt werden. Gleichzeitig wird nicht jedes studentische Replikationsprojekt erfolgreich im Sinne eines substanziellen Forschungsbeitrags oder der Replikation der Originalresultate sein (vgl. FRANK & SAXE 2012: 603). Wenn Originalresultate

nicht erfolgreich repliziert werden können, entsteht eine value added, den Studierende berichten können und die ggf. auch publikationsfähig sind. Sollte ein Replikationsprojekt nicht erfolgreich sein in dem Sinne, dass kein value added entsteht, bzw. dass Studierende das Projekt nicht abschließen können (z. B. aufgrund der oben ausgeführten Risiken und Schwierigkeiten), wird nichtsdestoweniger ein Erkenntnisgewinn für Studierende entstehen. Hier ist es wichtig, dass die Seminarleitung deutlich macht, dass es ein publication bias „erfolgreicher“ durchgeführter Studien gibt, und dass Scheitern in der Wissenschaft an der Tagesordnung ist. Ferner scheint die Anpassung der Curricula drängend, da aufgrund des stetigen Aufwuchs von Verhaltensdaten neue Forschungsprojekte und Forschungsfelder für die Politikwissenschaft relevant werden.

Zur nachhaltigen Implementation von Praxiskursen der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse und Replikation erscheint es dringend geboten, ein Netzwerk von Lehrenden zu etablieren, welche systematisch Kursmaterialien und Syllabi öffentlich zugänglich sammeln (siehe auch JANZ 2016: 14). Der hier entwickelte Praxiskurs Datenanalyse und Replikation ist öffentlich zugänglich und unter CC-BY-NC-SA 4.0 Bedingungen lizenziert. Ein erster systematischer Ansatz, den Stellenwert von Replikationsstudien zu erhöhen, ist die Onlineplattform Political Science Replication Initiative<sup>21</sup>. Diese Plattform ermöglicht es Studierenden, ihre Replikationsstudien zu veröffentlichen. Ferner bedarf es des stetigen Monitorings, welche Entwicklungen im Bereich der Software und der Speicherung von Reproduktionsmaterialien in den Sozialwissenschaften stattfinden, um diese zeitnah in die Methodenausbildung zu integrieren (z. B. CARSEY 2014). Hier scheinen insbesondere Github, Open Science Plattformen mit der Möglichkeit der Präregistrierung, und RMarkdown/knitr mit der Möglichkeit des synchronen Verfassens von Analyse, Abbildungen und Text relevant zu sein.

## Supplementary Appendix

Replikationsmaterialien und alle Kursmaterialien sind auf Github open-access verfügbar: [https://github.com/LarsPelke/Praxiskurs\\_Datenanalyse\\_und\\_Replikation](https://github.com/LarsPelke/Praxiskurs_Datenanalyse_und_Replikation)

## Bibliographie

- ALVAREZ, R. M. & HEUBERGER, S. 2021. How (Not) to Reproduce: Practical Considerations to Improve Research Transparency in Political Science. *PS: Political Science & Politics*, 1–6. <https://doi.org/10.1017/S1049096521001062>
- ALVAREZ, R. M., KEY, E. M. & NÚÑEZ, L. 2018. Research Replication: Practical Considerations. *PS: Political Science & Politics*, 51(2), 422–426. <https://doi.org/10.1017/S1049096517002566>

<sup>21</sup> <https://projects.iq.harvard.edu/psreplication/home>.

- BAKER, M. 2016. 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. *Nature*, 533(7604), 452–454.  
<https://doi.org/10.1038/533452a>
- BEHRENS, L. & ROHLFING, I. 2018. Not so different in present attitudes and behaviour, but expected future membership: A technical replication of a study of party youth in six European democracies. *Research & Politics*, 5(1), <https://doi.org/10.1177/2053168018764876>
- BELL, M. S. & MILLER, N. L. 2015. Questioning the Effect of Nuclear Weapons on Conflict. *Journal of Conflict Resolution*, 59(1), 74–92. <https://doi.org/10.1177/0022002713499718>
- BIGGS, J., & TANG, C. 2011. *Teaching for Quality Learning at University*. McGraw-Hill Education (UK).
- CARSEY, T. M. 2014. Making DA-RT a Reality. *PS: Political Science & Politics*, 47(1), 72–77.  
<https://doi.org/10.1017/S1049096513001753>
- DAFOE, A. 2014. Science Deserves Better: The Imperative to Share Complete Replication Files. *PS: Political Science & Politics*, 47(1), 60–66. <https://doi.org/10.1017/S104909651300173X>
- ENGZELL, P. & ROHRER, J. M. 2021. Improving Social Science: Lessons from the Open Science Movement. *PS: Political Science & Politics*, 54(2), 297–300.  
<https://doi.org/10.1017/S1049096520000967>
- EPPNER, S. & GANGHOF, S. 2015. Do (weak) upper houses matter for cabinet formation? A replication and correction. *Research & Politics*, 2(1),  
<https://doi.org/10.1177/2053168015577969>
- FELTEN, P. 2013. Principles of Good Practice in SoTL. *Teaching and Learning Inquiry: The ISSOTL Journal*. 1(1): 121–125. <https://doi:10.20343/teachlearninqu.1.1.121>
- FRANK, M. C. & SAXE, R. 2012. Teaching Replication. *Perspectives on Psychological Science*, 7(6), 600–604. <https://doi.org/10.1177/1745691612460686>
- FREESE, J. 2007. Replication Standards for Quantitative Social Science: Why Not Sociology? *Sociological Methods & Research*, 36(2), 153–172.  
<https://doi.org/10.1177/0049124107306659>
- HEALEY, M. & JENKINS, A. 2009. *Developing undergraduate research and inquiry*. Higher Education Academy York.
- HERNDON, T., ASH, M. & POLLIN, R. 2014. Does high public debt consistently stifle economic growth? A critique of Reinhart and Rogoff. *Cambridge Journal of Economics*, 38(2), 257–279.  
<https://doi.org/10.1093/cje/bet075>

- HUBER, L. 2009. Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. Forschendes Lernen im Studium: aktuelle Konzepte und Erfahrungen, 10. <https://pub.uni-bielefeld.de/record/2905776>
- HUBER, M. T. & HUTCHINGS, P. 2005. *The Advancement of Learning: Building the Teaching Commons*. Wiley.
- ISHIYAMA, J. 2014. Replication, Research Transparency, and Journal Publications: Individualism, Community Models, and the Future of Replication Studies. *PS: Political Science & Politics*, 47(1), 78–83. <https://doi.org/10.1017/S1049096513001765>
- JANZ, N. 2016. Bringing the Gold Standard into the Classroom: Replication in University Teaching. *International Studies Perspectives*, 17(4), 392–407. <https://doi.org/10.1111/insp.12104>
- JANZ, N. & FREESE, J. 2021. Replicate Others as You Would Like to Be Replicated Yourself. *PS: Political Science & Politics*, 54(2), 305–308. <https://doi.org/10.1017/S1049096520000943>
- KAUFMANN, D., & EGGENSBERGER, P. 2017. *Gute Lehre in den Naturwissenschaften. Der Werkzeugkasten: Einfach. Schnell. Erfolgreich*. Springer, Berlin.
- KING, G. 1995. Replication, Replication. *PS: Political Science and Politics*, 28, 444–452.
- KING, G. 2003. The Future of Replication. *International Studies Perspectives*, 4, 443–499.
- KING, G. 2006. Publication, Publication. *PS: Political Science and Politics*, 39, 119–125.
- KLÖBER, R. 2020. Charakteristika und Möglichkeiten forschenden Lehrens und Lernens: Scholarship of Teaching and Learning an der Universität Heidelberg. *HINT. Heidelberg Inspirations for Innovative Teaching*, 1(1), 11–26. <https://doi.org/10.11588/hint.2020.1.77682>
- MARTEL GARCÍA, F. 2014. Democracy is good for the poor: A procedural replication of Ross (2006). *Research & Politics*, 1(3), <https://doi.org/10.1177/2053168014559094>
- MEYER, C. 2021. Bringing the World to the Classroom: Teaching Statistics and Programming in a Project-Based Setting. *PS: Political Science & Politics*, 1–5. <https://doi.org/10.1017/S1049096521001104>
- OPEN SCIENCE COLLABORATION. 2015. Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251), aac4716. <https://doi.org/10.1126/science.aac4716>
- PENG, R. D. 2011. Reproducible Research in Computational Science. *Science*, 334(6060), 1226–1227. <https://doi.org/10.1126/science.1213847>

- RINKE, E. M. & WUTTKE, A. 2021. Open Minds, Open Methods: Transparency and Inclusion in Pursuit of Better Scholarship. *PS: Political Science & Politics*, 54(2), 281–284. <https://doi.org/10.1017/S1049096520001729>
- ROHLFING, I., KÖNIGSHOFEN, L., KRENZER, S., SCHWALBACH, J. & R, A. B. 2021. A Reproduction Analysis of 106 Articles Using Qualitative Comparative Analysis, 2016–2018. *PS: Political Science & Politics*, 54(2), 292–296. <https://doi.org/10.1017/S1049096520001717>
- STOJIMENOVSKA, D., BOL, T., & LEOPOLD, T. 2019. Teaching Replication to Graduate Students. *Teaching Sociology*, 47(4), 303–313. <https://doi.org/10.1177/0092055X19867996>
- WEIDMANN, N. B. 2016. Replication: Why, Where, and How? A Synopsis. *International Studies Perspectives*, 17(4), 439–444. <https://doi.org/10.1093/isp/ekv002>
- WILLIAMS, R. 2021. Teaching Programming Skills in Methods Courses is an Opportunity, not a Burden. *PS: Political Science & Politics*, 55(1), 221–224. <https://doi.org/10.1017/S1049096521001153>

Lars Pelke ist Postdoc am Institut für Politische Wissenschaft der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg im *Academic Freedom Index* Projekt. Zuvor war Lars Pelke als Postdoc und Doktorand an der Universität Heidelberg beschäftigt. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen drei separate Bereiche – Autokratische Regime, Konzeptualisierung und Messung von Regimeübergangsphasen und Akademischer Freiheit, und der Politischen Ökonomie von Ungleichheit. Lars Pelke hat an der Universität Heidelberg Politische Wissenschaft und Öffentliches Recht studiert und 2017 mit einem MA abgeschlossen. In seiner Dissertationsschrift (2021) beschäftigte er sich mit der Frage inwiefern die institutionelle Fundierung von Autokratien ökonomische und politische Ungleichheiten determiniert und welche Auswirkung dies auf Herrschaftsunterworfenen hat. In der Lehre engagiert sich Lars Pelke u. a. dafür die Kenntnisse von Datenanalyseverfahren der Studierenden zu erhöhen.

Dr. Lars Pelke  
lars.pelke@fau.de