

# Civic Statistical Literacy: Konzept und praxisnahe Umsetzung am Beispiel des Klimawandels

ROLF BIEHLER, PADERBORN; JOACHIM ENGEL, LUDWIGSBURG; DANIEL FRISCHEMEIER, MÜNSTER & SUSANNE PODWORYN, PADERBORN

**Zusammenfassung:** Ein wirksames zivilgesellschaftliches Engagement in lebendigen Demokratien erfordert aktive Beteiligung und ein umfassendes Verständnis von Daten und Statistiken zu gesellschaftlichen Themen. Die Ausbildung in Statistik und Datenanalyse an Schulen und Hochschulen ist jedoch oftmals weder darauf ausgelegt, einschlägige Fähigkeiten zu vermitteln, noch die statistische Kompetenz der Lernenden zu verbessern. In Erweiterung von Statistical Literacy stellt dieser Aufsatz das Konzept der Zivilstatistik vor. Zivilstatistik konzentriert sich auf das Verstehen und Kommunizieren von statistischen Informationen zu gesellschaftlichen Themen, wie sie von den Medien, Statistikämtern oder Nicht-regierungsorganisationen bereitgestellt werden. In diesem Beitrag stellen wir exemplarisch mögliche Einsatzszenarien für die Lehramtsausbildung vor und leiten Implikationen für die Thematisierung zivilstatistischer Inhalte im Rahmen der Lehramtsausbildung ab.

**Abstract:** Effective civic engagement in democratic societies requires active participation and a broad understanding of data and statistics on societal issues. However, statistics and data science education in schools and universities is often neither designed to teach relevant skills nor to improve students' statistical literacy. As an extension of statistical literacy, this paper introduces the sub-discipline of civic statistics. Civic statistics focuses on understanding and engaging with statistical information on societal issues as provided by the media, statistical offices, non-governmental organizations, and other statistical providers. In this article, we present examples of possible application scenarios for teacher training and derive implications for thematizing civic statistics in the context of teacher training.

## 1. Einleitung

In diesem Artikel stellen wir das Konzept der Civic Statistical Literacy vor, ordnen es in die Diskussion zu Data Literacy und Statistical Literacy ein und illustrieren die didaktische Umsetzung der Konzeption in der Lehrkräftebildung am Beispiel des Klimawandels.

Lebendige Demokratien brauchen gut informierte Bürger:innen, die wichtige gesellschaftliche Fragen

verstehen und diskutieren können (Ridgway, 2016). In einer zunehmend komplexen Welt ist das Engagement von Einzelnen und Gruppen der Zivilgesellschaft eine grundlegende Ressource bei öffentlichen Entscheidungen auf internationalem, nationalem wie lokalem Niveau (Engel, 2017). In Anlehnung an die Begriffe „Statistical Literacy“ (Gal, 2002), „Critical Statistical Literacy“ (Weiland, 2017; Bailey & McCulloch, 2023) und „Data Literacy“ (Schüller et al., 2019) stellt dieser Beitrag das Konzept Zivilstatistik (Civic Statistical Literacy) vor, das im Rahmen des Erasmus Projekts ProCivicStat (<https://iase-web.org/islp/pcs/>) unter Mitwirkung der Autor:innen dieses Beitrages entwickelt wurde.

Ein wesentliches Produkt des ProCivicStat Projekts ist der Sammelband von Ridgway (2022). Dieser bietet theoretische Hintergründe und praktische Ansätze rund um Zivilstatistik. Durch die dokumentierten und erprobten Lehr-Lernumgebungen auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge zielt dieses Werk darauf ab, die Arbeit von Lehrkräften zu unterstützen, die sowohl auf Schul- als auch auf Hochschulebene arbeiten.

Unser Beitrag gibt aufbauend auf Engel et al. (2019) sowie Ridgway (2022) eine Einführung in Charakteristika und Kompetenzanforderungen von Zivilstatistik, präsentiert ein ausgearbeitetes, typisches Beispiel für die Lehramtsausbildung und weist auf curriculare Implikationen für die Lehramtsausbildung hin. Dieser Beitrag will einen Einstieg in die Thematik zur Förderung der zivilstatistischen Kompetenz in der mathematischen Lehramtsausbildung leisten, Überblickswissen bereitstellen und auf Zusammenhänge hinweisen.

## 2. Zivilstatistik als Konzept einer neuen Perspektive auf Statistical Literacy

Von vielen Seiten wird seit Jahrzehnten darauf hingewiesen, dass es für Schüler:innen und Studierende von großer Bedeutung sei, kritisch mit datenbezogenen Argumenten, Studien und Berichterstattungen umgehen zu können, um in der datengetränkten Gesellschaft von heute bestehen zu können (Gal, 2002; Schüller et al., 2021; Ridgway, 2022; Engel et al., 2022).

## 2.1 Statistical Literacy: Orientierung in einer datengetränkten Welt

Konzepte von Statistical oder Data Literacy beinhalten die Fähigkeit, kritisch mit datenbezogenen Argumenten, Studien und Berichterstattungen umzugehen. Die Rolle der Daten in der Gesellschaft hat sich fundamental geändert. Konzepte von Data Literacy wurden auch von anderen Disziplinen außer der Statistik entwickelt (vgl. Ridsdale et al., 2015, 2016) Gould (2017) erweitert den Begriff der Statistical Literacy, um einige der neuen Aspekte mit aufzunehmen. Die Verwendung der jeweiligen Literacy begründet sich oft aus der jeweiligen Fachtradition und muss immer wieder mit Blick auf aktuelle Gegebenheiten interpretiert werden. Im Kontext der MINT-Bildung finden sich beispielsweise aktuelle Literaturreviews, die u. a. die Entwicklung der Implementation und verschiedene Facetten (Witte et al., 2024) sowie Forschung (Friedrich et al., 2024; Schreiter et al., 2024) zu Data Literacy in Unterricht und Lehrkräftebildung in den letzten Jahren untersuchen und zeigen, dass sich hier unterschiedlich akzentuierte Entwicklungslinien abzeichnen. Eine vielzitierte einschlägige Definition von Wallman (1993) beschreibt die Bedeutung von Statistical Literacy im Hinblick auf die (alltägliche) Fähigkeit, statistische Argumente zu verstehen und kritisch zu bewerten. Gal (2002) hat die Definition von Statistical Literacy präzisiert als (a) die Fähigkeit von (erwachsenen) Menschen, statistische Informationen, datenbezogene Argumente oder stochastische Phänomene, denen sie in verschiedenen Kontexten begegnen, zu interpretieren und kritisch zu bewerten, und gegebenenfalls (b) ihre Fähigkeit, ihre Reaktionen auf solche statistischen Informationen zu diskutieren oder zu kommunizieren. Gal beschreibt detailliert die Wissensgrundlagen (Lesefertigkeiten, statistisches Wissen, mathematisches Wissen, Kontextwissen und kritisches Fragenstellen) und erweitert die Perspektive von Wallman (1993) um dispositionelle Elemente (Überzeugungen und Einstellungen sowie kritische Haltung).

Ben-Zvi und Garfield (2004) beschreiben Statistical Literacy ebenfalls als Schlüsselfähigkeit von Bürger:innen in reichhaltigen Informationsgesellschaften und somit als eine notwendige Komponente von Erwachsenenbildung. Für sie beinhaltet Statistical Literacy das Verstehen und Benutzen der Basissprache und statistischer Symbole. Dazu gehört weiterhin die Fähigkeit, verschiedene Repräsentationen von Daten zu interpretieren.

## 2.2 Civic Statistical Literacy als Komponente für die Teilhabe an gesellschaftlichen Entscheidungs- und Veränderungsprozessen

In autokratisch regierten Staaten sind Daten über gesellschaftliche oder ökonomische Zustände oft Staatsgeheimnisse, zum Teil wird auch der Zugang zu international verfügbaren Daten behindert, wenn es den politischen Interessen der Regierungen widerspricht. Eine funktionierende Demokratie setzt aber voraus, dass die Bürger:innen sich umfassend informieren können und ihre Argumentationen auf Fakten stützen können. Im Hinblick darauf haben wir in dem EU-Projekt ProCivicStat (<https://iase-web.org/islp/pcs/>) das Konzept der Civic Statistical Literacy oder zivilstatistischen Kompetenz entwickelt und in zahlreichen Unterrichtsmaterialien konkretisiert (Ridgway, 2022).

Im Zentrum von Zivilstatistik steht die Sinnerschließung aus Daten, die über gesellschaftliche Vorgänge, das soziale und ökonomische Wohlergehen sowie die Wahrnehmung von Bürgerrechten informieren. Das Verständnis solcher Themen ist für das bürgerliche Engagement in modernen Gesellschaften von großer Bedeutung, basiert aber oft auf komplexen multivariaten Daten, deren Interpretation und Erschließung Kenntnisse voraussetzt, die im regulären Mathematik- und Statistikunterricht, geschweige denn in Politik oder Gemeinschaftskunde gewöhnlich nicht vermittelt werden.

Kompetenzen im Bereich Zivilstatistik sind zur informierten Partizipation in demokratischen Gesellschaften nötig (Engel, 2017). Bürger:innen sollten in der Lage sein, statistische Informationen zu zentralen gesellschaftlichen Problemlagen (z. B. zum demographischen Wandel, zu Klimaveränderungen, Arbeitslosigkeit, Lohn(un)gleichheit, Migration, Gesundheit oder Diskriminierung von Minderheiten), wie wir sie in Nachrichtenmedien z. B. in Zeitschriften und Zeitungsartikeln, Fernseh- und Radiosendungen, in Pressemitteilungen von Statistikproduzenten, in Blogeinträgen, in sozialen Netzwerken usw. lesen, sehen oder hören, kritisch zu lesen und zu verstehen. Damit Demokratie funktioniert, müssen die Bürger:innen gut informiert und in der Lage sein, auf der Grundlage von Fakten zu argumentieren. In einer Gesellschaft, die den Versprechungen von Gleichheit und Fairness für alle gerecht werden will, müssen zum Beispiel Fragen, ob Frauen, Minderheiten oder Menschen mit Behinderungen bei der Berufswahl, beim Lohn oder beim Zugang zu (höherer) Bildung benachteiligt sind, weitgehend

quantitativ beurteilt werden. Dies erfordert statistische Kenntnisse. Daten begegnen uns in unterschiedlichsten Formaten, z. B. als Tabellen, Grafiken, innovativen interaktiven Visualisierungen, Videos, Bildern, Indexzahlen, Statistiken – oft eingebettet in umfassende Textpassagen und auf verschiedenen Niveaustufen aggregiert. Eine kritische Bewertung von auf solchen Daten basierenden Argumenten ist die Voraussetzung, um fundierte Entscheidungen im privaten wie öffentlichen Leben treffen zu können.

Solche Entwicklungen werden durch moderne Kommunikationstechnologien weiter verändert. Diese eröffnen vorher ungeahnte Möglichkeiten des Informationsaustauschs, z. B. um Bürger:innen über aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen auf dem Laufenden zu halten und somit an demokratischen Entscheidungsprozessen partizipieren zu lassen. Jedoch hat die Leichtigkeit, mit der Informationen erstellt und beispielsweise in sozialen Medien weitergegeben werden können, auch zu einer zunehmenden Verbreitung von falschen oder irreführenden Informationen geführt, oft in der Absicht, die öffentliche Meinung zu beeinflussen oder ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen (Peters et al., 2018). Es ist deshalb von großer Bedeutung, dass Bürger:innen die Fähigkeiten entwickeln, vorgebrachte Evidenz kritisch zu bewerten (Engel, 2024).

Eine kritische Haltung bei der Bewertung von Evidenz bedeutet jedoch nicht, kritisch um jeden Preis zu sein. Bei Kritik geht es vielmehr darum, die Haltung fairer Skepsis einzunehmen, und bereit zu sein, eine Darstellung zu akzeptieren, wenn man durch Nachweise überzeugt wird. In unseren modernen, datengesteuerten Gesellschaften ist es wichtig, Wissen und Fähigkeiten zu entwickeln, um angemessen mit Daten zu argumentieren (Gal 2022). Dies trägt zum Funktionieren einer lebendigen Demokratie bei und unterstützt die Entscheidungsfindung zu kontroversen sozialen Themen, die von der Zustimmung und Unterstützung der Bürger:innen abhängt. Schließlich umfasst Zivilstatistik eine Forderung nach Befähigung, die mit dem Konzept der „Mündigkeit“ verbunden ist (Weber-Stein & Engel, 2021). Die Fähigkeit, selbständig zu handeln wird also auf die Fähigkeit ausgedehnt, sich wirksam in die Welt einzumischen, z. B. sich an politischen Entscheidungen zu beteiligen und diese mit Hilfe statistischer Argumente zu untersuchen. Mündigkeit schließt also die Kompetenz ein, Entscheidungen mit statistisch formulierten Argumenten zu untersuchen.

Im folgenden Abschnitt wird das Konzept der Zivilstatistik, wie wir es im ProCivicStat Projekt entwickelt haben, zunächst zu anderen Literacykonzepten in Beziehung gesetzt, bevor wir in Abschnitt 3 unsere Konzeption nach verschiedenen Facetten differenzieren. ProCivicStat schafft nicht nur einen konzeptionellen Rahmen für Zivilstatistik, sondern hat auch ein umfassendes Paket von Unterrichtsressourcen, Umsetzungsleitfäden sowie Handbüchern zur Vorbereitung von Lehrkräften entwickelt (<https://iase-web.org/islp/pcs/>).

### **2.3 Civic Statistical Literacy im Kontext anderer Literacykonzepte**

Die „kritische Reflexion“ von Daten, Statistiken und Argumentationen wird von mehreren Autor:innen als Grundlage für soziopolitisches Engagement und gesellschaftliche Änderungsprozesse gesehen: So charakterisiert Lesser (2007) Statistik als Grammatik der sozialen Gerechtigkeit und erörtert Möglichkeiten, verschiedene statistische Konzepte im Zusammenhang mit Fragen der sozialen Gerechtigkeit zu unterrichten. In Arbeiten zur Critical Mathematics Education wird schon früh auch die Statistik einbezogen. Skovsmose (1994) argumentiert, dass Mathematik und Statistik eine Schlüsselrolle auf dem Weg zu demokratischen, partizipatorischen und sozial gerechten Strukturen in der Gesellschaft spielen. Diese Aspekte werden heute von Vertreter:innen der Critical Statistical Literacy weiter ausgebaut. Zwar beinhaltet Statistical Literacy im Sinne von Gal (2002) per se kritisches Denken, so dass Watson und Callingham (2004) Gals Konzept explizit bereits als „Critical Statistical Literacy“ bezeichnen. Als Fachbegriff wird dieser aber erst von Weiland (2017) elaboriert. Weiland (2017) führt eine neue theoretische Perspektive ein, indem er auf die allgemeine Literacy-Diskussion Bezug nimmt, in der sich ein Konzept der Critical Literacy herausgebildet hat, das über die Beherrschung der Kulturtechniken des Lesens und Schreibens hinausgeht. Dieses Konzept der soziokulturellen Bewusstseinsbildung und Befähigung (Empowerment) knüpft an Literacy Konzepte des brasilianischen Pädagogen Paulo Freire an (Freire & Macedo, 1987; Freire, 1973), die für viele Alphabetisierungskampagnen und Unterrichtskonzepte einflussreich waren. Dies beginnt mit dem Erlernen des Lesens des Wortes UND der Welt, was zu Menschen führen soll, die in der Lage sind, sowohl das Wort als auch die Welt „zu schreiben“ – das ist eine Metapher dafür, auch ihre gelebte Realität durch die Kraft der Alphabetisierung zu verändern. Die Alphabetisierung für eine kritische Staatsbürger-

schaft muss die Kritik und das Hinterfragen der Diskurse und Strukturen in der Gesellschaft beinhalten, die Ungerechtigkeiten reproduzieren (Weiland, 2017). Einen guten Überblick über Projekte und Unterrichtsmaterialien zur Critical Statistical Literacy gibt Louie (2022).

Die so vermittelten Kompetenzen und Haltungen (habits of mind, Bailey & McCulloch, 2023) können eine Person in die Lage versetzen, die Welt zu lesen, verborgene Strukturen und Diskurse aufzudecken, die die Gesellschaft konstituieren und formen, und die Brüche in den regulativen Wahrheiten in unserem täglichen Leben zu erkennen. Dieser Ansatz zur Statistical Literacy hat in den letzten Jahren vor allem in Lateinamerika Beachtung gefunden (Campos, 2016; Souza et al., 2020; Zapata-Cardona, 2018).

Das Konzept Zivilstatistik weist zentrale Gemeinsamkeiten mit Critical Statistical Literacy auf, wenn es darum geht, gesellschaftliche Zustände mit Hilfe von Statistiken zu verstehen und vor allem auf der Basis statistischer Analysen zum Engagement und zur Übernahme von Verantwortung zu befähigen. „Statistics for Empowerment and Social Engagement“, so lautet der Titel des umfassenden Sammelbandes von ProCivicStat (Ridgway, 2022). Jede Anwendung von Statistik, Auswahl von Daten und Konstruktion von Modellen ist mit bestimmten Werthaltungen verbunden. Während Zivilstatistik jedem Menschen zu seinem Recht verhelfen will, sich informiert und aktiv in gesellschaftliche Diskussions- und Entscheidungsprozesse einzubringen, fokussiert Weilands Critical Statistical Literacy und ähnlich die lateinamerikanische Diskussion explizit auf die kritische Analyse von missbräuchlichen Machtstrukturen, die Ungerechtigkeiten und Abhängigkeiten produzieren, und ist der Tradition der Critical Literacy im Sinne von Freire (1973) verpflichtet.

### 3. Der konzeptionelle Rahmen für die Zivilstatistik

Wir stellen in diesem Abschnitt den im ProCivicStat Projekt entwickelten konzeptuellen Rahmen der Zivilstatistik vor (Gal, Nicholson & Ridgway, 2022). Der Rahmen ist eine theoretische Perspektive von im Prinzip wünschenswerten Kompetenzen und Einstellungen, auf deren Hintergrund sich dann konkrete Bildungsangebote entwickeln und kritisch einordnen lassen, um ggf. Stärken und Schwächen bewusst machen zu können.

Wie in Abb. 1 zu sehen, ist der Rahmen in drei Dimensionen organisiert, zu denen bestimmte Facetten gehören:

- Engagement und Aktion
- Wissen
- Ermöglichungsprozesse

Die Dimension *Engagement & Aktion* bezeichnet die individuelle und kollektive Handlungsfähigkeit (motivational und volitional) in Bezug auf gesellschaftliche Problemstellungen. Sie betont die Bedeutung der Bereitschaft, sich einzubringen, der kritischen Reflexion und der zugrunde liegenden Einstellungen. Die Dimension *Wissen* beschreibt verschiedene relevante Wissensbasen und Kenntnisse zu Statistik, Wahrscheinlichkeit, Risiko, Modellen und Darstellungen, die teilweise neu zu interpretieren sind. Dazu kommen Kenntnisse zur Methodik des Forschungsprozesses, die Erweiterungen statistischen Basiswissens um Spezifitäten für den Bereich amtlicher Statistik sowie kontextbezogenes, gesellschaftliches Wissen. Schließlich umfasst die Dimension *Ermöglichungsprozesse* über die Statistik hinausgehende Kompetenzen, deren Vorhandensein erst ermöglicht, sich mit zivilstatistischen Themen auseinandersetzen zu können: Informations- und kommunikationstechnologische Kompetenzen, inklusive Informationsrecherche, basisnumerische Kompetenzen sowie Lese- und Textverständnis und grundlegende Kommunikationsfähigkeiten.

Diese elf Facetten dienen als Orientierungsrahmen. Es ist klar, dass konkrete Bildungsmaßnahmen, für die immer nur eine endliche Zeit zur Verfügung steht, und die den Kenntnisstand der Lernenden berücksichtigen müssen, wie auch andere Rahmenbedingungen, immer nur einen Teil der Facetten aufgreifen können.

Zur Visualisierung haben wir den Radarplot aus Abb. 1 entwickelt (auch als Spinnen-, Netz-, Stern- oder Polardiagramm bezeichnet). Die acht Stufen sind eher metaphorisch gemeint und sollen die Möglichkeit unterschiedlicher Ausprägungsgrade der Facetten veranschaulichen. Eine genaue Zuordnung von Stufen bei einer konkreten Unterrichtseinheit würde von einer noch zu leistenden Operationalisierung der Stufen abhängen. Der Radarplot kann auch genutzt werden, um zivilstatistische Aktivitäten zu designen oder zu adaptieren, also aus Sicht der Anforderungen an zivilstatistische Kompetenzen zu konzipieren und zum anderen auch, um bestehende Aufgaben und Aktivitäten auf diese Perspektive hin untersuchen zu können. Es ist wichtig anzumerken, dass das Radarplot als Tool zum Nachdenken anregen soll, aber keine absoluten oder objektiven Maßstäbe liefert. Verschiedene Leser:innen

können mit derselben Aufgabe unterschiedliche Anforderungen verfolgen, je nach Lernendengruppe, persönlichem Hintergrund und Perspektive. Es liegt auf der Hand, dass keine einzelne zivilstatistische Aufgabe oder Unterrichtsaktivität alle elf Facetten ansprechen und fördern kann. Besteht die Möglichkeit, einen kompletten Lehrgang anzubieten, sollten durch verschiedene Aufgaben/Unterrichtseinheiten aber insgesamt möglichst viele Facetten abgedeckt werden.

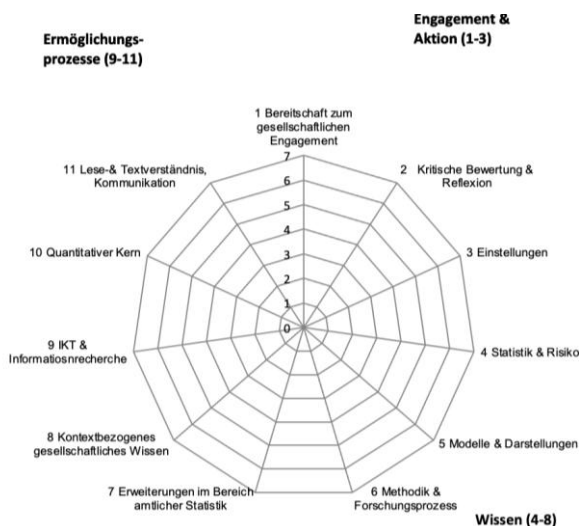


Abb. 1: Ein konzeptioneller Rahmen für Zivilstatistik

Wir stellen nun die einzelnen Facetten nacheinander vor.

### 3.1 Facette 1: Bereitschaft zum gesellschaftlichen Engagement

Diese Facette ist der Ausgangspunkt und das ultimative Ziel von zivilstatistischer Ausbildung.

Es geht darum, ein Verständnis für gesellschaftliche Probleme zu entwickeln und eigene, aktive Rollen bei der Lösung dieser Probleme zu erkennen. Die Bereitschaft zu gesellschaftlichem Engagement kann durch persönliche Erfahrungen, Bildung und das soziale Umfeld beeinflusst werden. Sie ist die Grundlage für aktives Handeln und zeigt sich z. B. in der Unterstützung sozialer, ökologischer oder politischer Projekte.

Damit Bürger:innen agieren können oder wollen, ist eine bewusste Wahrnehmung des Status quo in Staat und Gesellschaft sowie in lokalen, regionalen und globalen Gemeinschaften nötig. Eine wertebegleitete Einschätzung des Status quo sollte ebenso geschehen wie die Bereitschaft, aktiv zu werden, um entsprechende Änderungen zu erreichen. Daher benötigen engagierte Staatsbürger:innen ein Bewusstsein und Wissen darüber, dass es in der Gesellschaft „brennende“ soziale Probleme gibt, z. B. in Bezug

auf Beschäftigung, Lohnungleichheiten, Kriminalität, Umweltverschmutzung, wirtschaftliche Chancen und Chancengleichheit, Zugang zu Dienstleistungen usw. und es zu diesen Themen sozialpolitische Entscheidungen und Programme gibt (Facette 8 als Voraussetzung). Betroffenheit und Bereitschaft zu Engagement zu entwickeln, ist eine große pädagogische Herausforderung für das gesamte Bildungssystem – nicht nur eines Unterrichtsfachs (oder eines Teils davon). Ein Bewusstsein und Wissen darüber ist nötig, dass Politik von Politiker:innen und Entscheidungsträger:innen geprägt wird – und Entscheidungen durch Daten, Statistiken und Fakten beeinflusst werden können. All dies kann zur Befähigung von Staatsbürger:innen beitragen, sich zu engagieren und sich kompetent und informiert in öffentliche Entscheidungsprozesse einzubringen.

### 3.2 Facette 2: Kritische Bewertung & Reflexion

Bürger:innen müssen dazu befähigt werden, kritische Fragen zu stellen, um die Glaubwürdigkeit und Stichhaltigkeit von Daten, Erkenntnissen, Schlussfolgerungen oder Studien und ihren medialen Zusammenfassungen zu bewerten, als notwendige Voraussetzung sich gesellschaftlich zu engagieren im Sinne von Facette 1. Viele Statistiken zu gesellschaftlichen Themen werden im Kontext von argumentativen Texten veröffentlicht (z. B. von Regierungsbehörden) und von Journalist:innen und Politiker:innen oft interpretierend für die Öffentlichkeit wiedergegeben. Dann ist es wichtig, Narrative und Interpretationen, die sich auf statistische Daten stützen und die öffentliche Politik betreffen, aus einer kritischen Perspektive zu betrachten. Eine solche kritische Haltung kann eine Reflexion über zugrundeliegende „Machtgefälle“ – oder mögliche Voreingenommenheiten beinhalten, wie z. B.: Wessen Interessen werden durch die Untersuchung, die Gestaltung oder die Berichterstattung über dieses Thema bedient (oder geschützt)? Gibt es „politische“ Motive hinter der Art und Weise, wie das Problem untersucht wird? Gibt es alternative Wege, um das vorliegende soziale Problem zu untersuchen (welche Korrelate werden berücksichtigt) und um das Wissen über das Thema zu verbessern? Darüber hinaus kann sich die Kritik auch auf allgemeine methodische und interpretatorische Fragen beziehen, wie beispielsweise

- Sind die Maßnahmen (z. B. ein Fragebogen) gut überlegt? Sind die Maßnahmen robust und für die Zwecke, für die sie verwendet werden, geeignet?
- Wessen Geschichte wird mit den Daten erzählt, und warum wird sie erzählt?

- Wurde das Problem angemessen identifiziert?
- Welche Nachweise werden vorgelegt? Stammen diese von einer glaubwürdigen Quelle?
- Wurden angemessene statistische Modelle verwendet?
- Worum geht es hier sonst noch – gibt es erklärende Drittvariable?
- Sind die Schlussfolgerungen konsistent mit der vorgelegten Evidenz?

### 3.3 Facette 3: Einstellungen

Einstellungen bilden ein vielschichtiges Netz aus Werten, Motiven, Überzeugungen, Emotionen und Haltungen. Sie umfassen außerdem eine soziale Dimension wie die Bereitschaft, Deutungen und Interpretationen mit anderen zu teilen. Sie haben eine ethische Komponente (Warum geht mich das Ganze überhaupt etwas an?). Sie haben Komponenten, die das eigene Engagement sowohl in positiver als auch in negativer Weise beeinflussen können (z. B. Selbstwirksamkeit, Vertrauen). Das Ausblenden von Evidenz aufgrund von Überzeugungen, die unkritische Akzeptanz neuer Informationen oder die Überzeugung, dass soziale Phänomene nur von Expert:innen verstanden werden können, sind Symptome von problematischen Einstellungen, die einer Bereitschaft zum gesellschaftlichen Engagement entgegenstehen.

### 3.4 Facette 4: Statistik und Risiko

Die Facette *Statistik und Risiko* umfasst ein breites Spektrum an Themen, die typischerweise Bestandteil von einführenden Statistikkursen sind. Sie erweitert das klassische Lehrangebot jedoch um die essenzielle Komponente der Risikokompetenz, wie von Martignon und Hoffrage (2019) herausgestellt wird, und beinhaltet das Konzept (bedingter) Wahrscheinlichkeiten, einschließlich des Satzes von Bayes, des Erwartungswertes und der Quantifizierung von subjektivem Nutzen. Zu den Kerninhalten gehören das Verständnis von Stichproben, Populationen und deren Repräsentativität, das Erkennen und Interpretieren von Variabilität, das Beschreiben und Vergleichen von Verteilungen, sowie die Analyse von Assoziationen und Korrelationen. Ebenso werden fortgeschrittene Methoden wie Regression, die Betrachtung von Nichtlinearitäten, die Unterscheidung zwischen Signal und Rauschen, Interaktionseffekte und das Bayesianische Schließen behandelt. Darüber hinaus ist ein fundiertes Verständnis für Konzepte rund um Big Data unerlässlich.

### 3.5 Facette 5: Modelle und Darstellungen

Das Kerngebiet von Statistik ist die Anwendung mathematischer und statistischer Modelle auf Situationen von Interesse, z. B. um das Ausmaß eines bestimmten Phänomens abzuschätzen oder seine Entwicklung im Laufe der Zeit zu prognostizieren (siehe z. B. Podworny et al., 2024 für verschiedene Beispiele von Datenmodellen in verschiedenen Anwendungswissenschaften). Jüngste Beispiele sind die Versuche, das Fortschreiten von Krankheiten während der COVID-19 Pandemie vorherzusagen oder das Tempo der globalen Erwärmung oder des Klimawandels zu prognostizieren. Solche Vorhersagen dienen als Grundlage für Entscheidungen über die nationale Politik in diesem Bereich.

Ein wesentlicher Bestandteil zivilstatistischer Kompetenz besteht darin zu verstehen, dass bei der Modellierung komplexer sozialer Phänomene qualitativ verschiedene Modelle verwendet werden können, um ein und dasselbe Phänomen zu modellieren. Zum Beispiel könnten ein Ökonom und eine Soziologin ganz unterschiedliche Modelle anwenden, um Armut oder das Konstrukt der Arbeitslosigkeit zu studieren und ganz unterschiedliche Theorien zur Verursachung von Armut haben. Zivilstatistik erfordert die Fähigkeit, den Modellcharakter von Analysen und Vorhersagen zu erkennen und zu verstehen sowie die grundlegenden Annahmen eines Modells in Frage stellen oder auch annehmen zu können. Darstellungen sind eine Kernkompetenz zum Verstehen von Phänomenen. Zivilstatistik erfordert Vertrautheit mit anspruchsvollen Darstellungen und Visualisierungen einschließlich solcher, die dynamisch und interaktiv sind. In jüngster Zeit gibt es eine Explosion in der Verwendung technologie-basierter Darstellungen und Visualisierungen sowohl mit Blick auf die Thematisierung zivilstatistischer Inhalte (Frischemeier et al., 2022) oder auch allgemeiner stochastischer Inhalte (Biehler et al., 2023). Zivilstatistik erfordert die Fähigkeit, diese zu verstehen und innovative Darstellungen kritisch zu bewerten.

### 3.6 Facette 6: Methodik und Forschungsprozesse

Zivilstatistik erfordert ein Verständnis von Stärken und Schwächen verschiedener Forschungsmethoden und einige verfahrenstechnische Fähigkeiten. Zu den quantitativen Methoden gehören: Umfrageforschung (Erhebungsarten, Stichprobenverfahren), Beobachtungsstudien, Quasi-Experimente, Themen wie Verzerrung, Variabilität, Randomisierung. Ein Verständnis ethischer Fragen im Zusammenhang

mit der Datenerzeugung und dem Einsatz verschiedener Forschungsmethoden ist ebenso ein wesentlicher Bestandteil der Zivilstatistik wie etwa die Notwendigkeit, sich über Fragen der Vertraulichkeit und des Schutzes der Identität der Bürger:innen zu informieren.

### **3.7 Facette 7: Erweiterungen im Bereich amtlicher Statistik**

Produzent:innen offizieller Statistiken (wie nationale statistische Ämter, Eurostat, die Vereinten Nationen, usw.) erheben regelmäßig Daten und erstellen nationale und länderübergreifende Statistiken. All diese Ämter wie auch Nichtregierungsorganisationen wie Reporter:innen ohne Grenzen oder Germanwatch erstellen und veröffentlichen Berichte, Datensätze, Pressemitteilungen, Dashboards und andere Datenprodukte, die für das Verständnis der Gesellschaften und der Veränderungen, die sie durchlaufen, von entscheidender Bedeutung sind – und diese Informationsquellen sind entscheidend, denn sie sind die Grundlage für einen Großteil der statistischen Informationen, die die Medien der breiten Öffentlichkeit vermitteln. Das Verständnis von Informationen aus amtlichen Statistikquellen erfordert jedoch Kenntnisse, die über das hinausgehen, was in den Standardeinführungen in die Statistik gelehrt wird.

Dazu gehören beispielsweise das Design von Umfragen (und damit verbundene Herausforderungen wie Non-Response oder Antwortverzerrungen), Probleme bei der Messung (Zuverlässigkeit und Validität, Metadatendefinitionen), die Operationalisierung von Variablen sowie die Definition und Bedeutung von Indizes. Außerdem werden Techniken wie Daten-Glättung, saisonale Anpassung und Fallgewichtung oft nicht ausreichend behandelt. Ebenso werden synthetische Methoden oft übersehen, bei denen konventionelle Umfragedaten mit Big Data (wie Daten zum Mobilfunkverkehr oder Websuchdaten) kombiniert werden (Gal & Ograjenšek, 2017; 2018).

### **3.8 Facette 8: Kontextbezogenes gesellschaftliches Wissen**

Um statistische Studien zu gesellschaftlichen Themen beurteilen zu können, ist trivialerweise auch kontextuelles Sachwissen erforderlich, das ggf. in einer zivilstatistischen Unterrichtseinheit mit entwickelt werden muss. Dazu gehören beispielsweise Allgemeinwissen über die Größe der Bevölkerung, das Bruttosozialprodukt, Staatsverschuldung und Ressourcen sowie demographische, historische, geo-

grafische, regionalpolitische und geopolitische Aspekte. Ein bedeutender Vorteil dieses kontextuellen gesellschaftlichen Wissens liegt darin, dass man bei der Beurteilung von Studien anhand dieses Wissens nach plausiblen Kovariablen suchen und alternative Erklärungen sowie Analysen entwickeln kann.

### **3.9 Facette 9: Informations- und Kommunikationstechnologie und Informationsrecherche**

Die Nutzung verfügbarer Datensätze aus öffentlichen Quellen erfordert oft erhebliche Fachkenntnisse und Informationstechnologie-Kompetenzen (Gal & Ograjenšek, 2017). Die Daten müssen heruntergeladen und in geeignete Software importiert werden. Möglicherweise ist eine Bereinigung, Aufbereitung, Umwandlung, Aggregation oder Disaggregation der Daten erforderlich. Glücklicherweise stehen heutzutage immer mehr benutzerfreundliche Softwarelösungen zur Verfügung, einige davon wie z. B. CODAP (<https://codap.concord.org>) sind frei zugänglich und können ohne Formel- und Programmierkenntnisse genutzt werden (Biehler et al., 2023).

### **3.10 Facette 10: Quantitativer Kern**

Quantitative Fähigkeiten sind die Grundlage aller Aspekte von Statistical Literacy. Zu den Komponenten gehören ein Verständnis für Zahlen (*number sense*), Verhältnisse, Prozentsätze, Raten und Brüche. In Zivilstatistik sind sehr große Zahlen nicht unüblich, und scheinbar große Ressourcen können tatsächlich im Kontext klein sein. Es ist leicht, Beispiele zu finden, bei denen ein:e Autor:in bewusst (akkurate) Daten gewählt hat, um in die Irre zu führen – zum Beispiel, wenn eine hohe prozentuale Zunahme berichtet wird, wobei die Zunahme des Ausgangswertes in absoluten Zahlen gering ist.

### **3.11 Facette 11: Lese- und Textverständnis und Kommunikation**

Vielfach werden Informationen auch als Text, Diagramm oder Bild in gedruckter Form präsentiert. Der Text ist oft sehr dicht. Es ist dann eine wesentliche Fähigkeit, den Text zu verstehen, mit gezeigten Darstellungen in Verbindung zu bringen und den Gesamtsinn eines Artikels aufzunehmen (siehe z. B. Gal, 2022). Es ist nicht immer einfach zu lernen, wie man statistische Analysen und die gewonnenen Schlussfolgerungen effektiv kommuniziert. Es erfordert nicht nur technisches Wissen, sondern auch Kreativität, kritisches Denken und das Bewusstsein für das Publikum und den Kontext.



#### 4. Didaktische Konzepte für die Entwicklung zivilstatistischer Kompetenz

Eine Chance für die Umsetzung zivilstatistischer Inhalte sehen wir im projektbasierten, eigenständigen Arbeiten an realen Datensätzen unter Verwendung digitaler Werkzeuge. Dies kann zu einem kontinuierlich hohen Engagement von Studierenden führen (Frischemeier, Podworny & Biehler, 2019).

Wir geben einen kurzen Einblick in den Aufbau von Lerneinheiten, wie sie in Ridgway (2022) entwickelt und der zugehörigen Website <https://iase-web.org/procivicstat> bei den dortigen Unterrichtseinheiten genutzt werden. Im Anschluss in Abschnitt 5 konkretisieren wir das Konzept durch ein Beispiel. Aufbauen lassen sich verschiedene zivilstatistische Facetten in Lehrsituationen gut in kürzeren oder längeren Projekten. Dazu bietet sich eine Struktur an, die im Wesentlichen zwei Teile enthält. Im ersten Teil werden Informationen zum Kontext gegeben und im zweiten Teil werden eigene statistische Explorationen angeregt. Wir diskutieren eine feste Struktur mit sechs Phasen für zivilstatistische Projekte (Podworny, Frischemeier & Biehler, 2022). Diese Phasen sind im Rahmen der Ausbildung von Grund-, Haupt-, Real- und Gesamtschullehramtsstudierenden an der Universität Paderborn theoretisch begründet, entwickelt und erprobt worden. Wir stellen die einzelnen Phasen im Folgenden kurz vor. Diese Phasen können und sollen Lehrkräften eine Orientierung geben, dieses oder ein ähnliches zivilstatistisches Problem im Unterricht zu initiieren.

##### *Phase 1: Einführung*

In der ersten Phase – als Einstieg – werden verschiedene Eigenschaften von Zivilstatistik angesprochen zum Kontext und (medialen) Interpretationen eines konkreten zivilstatistischen Themas. Unser Vorschlag ist hier, mit einem Eye-Catcher, wie beispielsweise einer Karikatur oder einer verkürzten medialen Behauptung z. B. in Form einer Schlagzeile und eines kurzen Textes zu starten.

##### *Phase 2: Worum geht es und wieso ist es wichtig?*

In dieser zweiten Phase wird besprochen, um welche Statistiken und Behauptungen es geht und inwiefern dieses Thema gesellschaftlich relevant ist. Dazu werden Hintergrundinformationen zum Kontext bereitgestellt und allgemein in das Thema eingeführt, um später Zusammenhänge verstehen und diskutieren zu können.

##### *Phase 3: Warum geht mich das etwas an und wie kann ich mehr erfahren?*

Es ist wichtig, einen Bezug zum persönlichen Leben herzustellen, um Bedeutsamkeit und Bereitschaft zum gesellschaftlichen Engagement (Facette 1) zu ermöglichen. Entsprechende Fragen diesbezüglich können und sollen sein: Mit welchen Daten kann das konkrete Thema empirisch untersucht werden? Welche Variablen sollten erhoben werden bzw. welche Datenquellen sollen benutzt werden?

##### *Phase 4: Daten und Metadaten*

Entweder werden Daten selbst erhoben oder, und das ist eher der Standardfall, vorhandene Daten werden für die Untersuchung ausgewählt. Dazu wird die Datenquelle eingeführt und besprochen, wie diese Daten zum konkreten Thema passen. Die erhobenen Variablen werden angegeben und anhand beispielsweise von Metadaten oder Variablenlisten erläutert. Dies ist mit Blick auf die Ausprägung der Facette 6: Methodik und Forschungsprozess von Bedeutung.

##### *Phase 5: Aufgaben und Analysen*

Die fünfte Phase ist der Kern der zivilstatistischen Aktivität: Anhand einer Leitfrage zum konkreten Thema geschehen ausführliche Analysen und Explorationen der Daten. Dazu können und sollen auch weiterführende Fragen entwickelt werden, die den Analysen verschiedene Richtungen geben können. Die Analyse und Exploration der Daten werden vornehmlich durch die Nutzung digitaler Werkzeuge (Facette 9) unterstützt. Die Werkzeuge geben die Möglichkeit, umfangreiche Daten zu aggregieren, nach eigenen Fragestellungen zu drehen und zu wenden sowie durch multiple Repräsentationen verschiedene Einsichten zu erlangen.

##### *Phase 6: Diskussion*

In Gruppen oder im Plenum werden die Ergebnisse der Analysen zusammengetragen und diskutiert. Die Beziehung zum persönlichen Leben wird dabei besprochen. Diese soll u. a. auch die Kommunikation (Facette 11) sowie die Argumentation der Ergebnisse anregen. Dazu sollte gemäß Facette 2 eine Zusammenfassung sowie ein kritischer Rückblick diskutiert werden. Stärken, Schwächen und Grenzen der gefundenen Ergebnisse und Schlussfolgerungen können dabei im Zentrum stehen.



## 5. Ein Beispiel für eine zivilstatistische Einheit in der Lehrkräfteausbildung: Klimawandel

### 5.1 Überblick

Die im dritten Abschnitt erörterten Fähigkeiten bieten eine detaillierte Übersicht über die breite Palette an Kompetenzen, die im Bereich der Zivilstatistik benötigt werden. Am Beispiel eines Projekts zum Klimawandel zeigen wir anhand der beschriebenen Phasen des vierten Abschnitts auf, wie die Fragestellung „Ist der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration menschengemacht?“ aus Sicht der zivilstatistischen Facetten didaktisch in Lernprozessen gestaltet werden kann.

Um dem Sachkontext gerecht zu werden, akzentuieren wir die Ausarbeitung in diesem Abschnitt insbesondere stofflich-inhaltlich. Dabei fokussieren wir uns auf die Lehrkräftebildung und geben Hinweise für eine mögliche didaktisch-methodische Umsetzung.

Eine erste Erschließung von inhaltlichen Klimawandel-Daten wurde im Rahmen des PCS-Projekts durch Guimarães et al. (2022) unter Verwendung der Statistiksoftware *R* vorgelegt. Wir arbeiten im Folgenden erstmals heraus, wie man mit Hilfe von CODAP zu ausgewählten Klimadaten ein Unterrichtsprojekt im Sinne der PCS-Prinzipien gestalten kann.

Ziel ist, dass Lernende anhand eigener Explorationen relevanter Klimadatenätze in die Diskussion um den anthropogenen CO<sub>2</sub>-Anstieg eingeführt werden. Die Darstellung des Projekts ist entlang der sechs Phasen aus Abschnitt 4 strukturiert. Am Ende jeder Phase geben wir Hinweise, die wir aus Erfahrungen beim Durchführen ähnlicher Projekte mit Lehramtsstudierenden an den Universitäten Paderborn und Ludwigsburg gewonnen haben.

### 5.2 Die Einheit zum Klimawandel anhand des didaktischen Phasenkonzepts

#### *Phase 1: Einführung*

Um das Thema für Lernende zu motivieren, können zu Beginn des Unterrichts die provokativen fünf Kerninfos zum Klimawandel diskutiert werden:

- 1) Er ist real.
- 2) Wir sind die Ursache.
- 3) Er ist gefährlich.
- 4) Die Fachleute sind sich einig.
- 5) Wir können noch etwas tun.

Diese Kerninfos sind herausgegeben von: Deutsches Klima-Konsortium (DKK), Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG), Deutscher Wetterdienst

(DWD), Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative, klimafakten.de und spiegeln die breite Ansicht führender Expert:innen wider. Projiziert man die entsprechende Stelle des Berichts (Seite 2, <https://www.klimafakten.de/sites/default/files/downloads/wasw-ruebersklimawissen2023final.pdf>), so hat man einen interessanten Einstieg in den Unterricht, der komprimiert die wesentlichen Fakten zum Klimawandel anspricht und vor allem Haltungen adressiert und somit eine gewisse Erwartungshaltung (Facette 2) aufbaut.

Beim Planen eines solchen zivilstatistischen Projekts sollten Lehrende klar definierte Lernziele für die Entwicklung relevanter Wissensbereiche vor Augen haben. Diese Ziele sollten die Auswahl der Lernmethoden, Aktivitäten und Aufgaben bestimmen. Der Radarplot (Abb. 1) kann helfen, die Lernziele auszuwählen.

*Phase 2: Worum geht es und wieso ist es wichtig? & Phase 3: Warum geht mich das etwas an und wie kann ich mehr erfahren?*

Weitere Überlegungen zur Bedeutsamkeit des Themas finden in Phase 2 und 3 statt. Diese Überlegungen können im Unterricht entweder durch die Lehrkraft präsentiert werden oder von den Lernenden anhand verschiedener Texte selbst erarbeitet werden, abhängig von der zur Verfügung stehenden Zeit. Eine gut zugängliche Informationsquelle stellt beispielsweise die oben erwähnte Zusammenfassung dar, oder auch die Informationen des Deutschen Klima Konsortiums (<https://www.deutsches-klima-konsortium.de>). Wir erläutern einige Hintergründe, die in diesen Phasen durch die Lehrkraft vorgestellt und/oder von Lernenden erarbeitet werden können. Wissenschaftler:innen warnen seit Jahrzehnten vor der globalen Bedrohung, die die globale Erwärmung infolge des Klimawandels für den Planeten Erde darstellt (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1992). Auswirkungen auf die Umwelt wie der Verlust von Meereis, der beschleunigte Anstieg des Meeresspiegels und extreme Wetterereignisse, wie beispielsweise längere und intensivere Hitzewellen sind bereits jetzt zu beobachten. Außerdem schrumpfen die Gletscher, das Eis auf Flüssen und Seen bricht zunehmend früher auf, und phänologische Veränderungen wie verlängerte Vegetationsperioden sowie Verschiebungen in der Artenverbreitung werden weltweit beobachtet (nachzulesen z. B. im sechsten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, <https://www.de-ipcc.de/358.php>). Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) ist ein wichtiges Treibhausgas in der

Erdatmosphäre. Es trägt dazu bei, dass ein Teil der Wärmestrahlung, die die Erde nach der Aufnahme von Sonnenenergie wieder abstrahlt, nicht vollständig ins All entweicht, sondern teilweise zurückgehalten wird. Dadurch entsteht der natürliche Treibhauseffekt, der zusammen mit anderen Gasen wie Wasserdampf und Methan dafür sorgt, dass auf der Erde eine lebensfreundliche Durchschnittstemperatur von etwa 16° C herrscht (Scorza, Lesch, Strähle & Boneberg, 2020). Erhöht sich jedoch die Menge an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre, so erhöht sich dadurch auch die Temperatur auf der Erdoberfläche. Sowohl CO<sub>2</sub> als treibende Kraft des Klimawandels als auch menschliche Aktivitäten als Ursache für die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre sind aus wissenschaftlicher Sicht klar belegt. Dennoch sind skeptische Stimmen, die Zweifel sowohl an einem oder beiden Aspekten äußern, nicht völlig verschwunden. Der Ausstoß des Treibhausgases CO<sub>2</sub> ist eine der wesentlichen treibenden Kräfte des Klimawandels. Auf Klimakonferenzen ist die Reduktion dieser Emissionen ein wichtiger Verhandlungsgegenstand bei den Treffen der Staatsvertretungen.

Für ein zivilstatistisches Projekt schlagen wir vor, sich bei der komplexen Thematik auf eine Teilfrage zu konzentrieren, die unter Bezugnahme auf reale Daten bearbeitet werden kann. Hier wird als Leitfrage motiviert: Immer wieder wird die menschliche Rolle bei der jüngeren Erhöhung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration angezweifelt und auf regelmäßige Schwankungen im Verlauf der Erdgeschichte verwiesen. Lassen sich diese Zweifel durch Daten entkräften?

Mit folgenden, auch mit Lernenden zu entwickelnden Unterfragen können Datenexplorationen in Phase 5 strukturiert werden.

- 1) Wie hat sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre im Laufe der Erdgeschichte entwickelt?
- 2) Welche Daten zum Anstieg der globalen Temperatur und zum CO<sub>2</sub>-Anstieg liegen vor?
- 3) Welcher statistische Zusammenhang ist zwischen diesen Zeitreihen festzustellen?
- 4) Welche Argumente gibt es dafür, dass die erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration durch menschliche Aktivitäten (Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Heizen) erzeugt wurde?

Zivilstatistische Themen wie hier der Klimawandel erfordern ein tiefgehendes Verständnis auf Seiten der Lehrkraft. Deshalb ist es nötig, sich gründlich

einzuarbeiten, bevor sie in der Lehre eingesetzt werden. Erfahrungen aus Seminaren mit Lehramtsstudierenden, die ähnliche zivilstatistische Projekte bearbeitet haben, zeigen, dass in dieser Phase Studierende beim Formulieren von Forschungsfragen unterstützt werden sollten. Es zeigten sich verschiedene Schwierigkeiten beim Formulieren geeigneter Forschungsfragen. Eine Unterstützung kann beispielsweise geschehen, indem Leitfragen für die Analysen zur Verfügung gestellt werden. Eine gute Grundlage und Hintergrundinformationen für das Stellen geeigneter statistischer Fragen bieten Frischmeier und Leavy (2020) sowie Arnold und Franklin (2021).

#### Phase 4: Daten und Metadaten

Als Daten für die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in den letzten Jahrzehnten greifen wir auf den in der Klimaforschung sehr häufig referenzierten CO<sub>2</sub>-Datensatz aus Mauna Loa zu ([https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Mauna\\_Loa\\_CO2\\_monthly\\_mean\\_concentration\\_DE.svg](https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Mauna_Loa_CO2_monthly_mean_concentration_DE.svg)), siehe Abb. 2. Dieser geht zurück bis auf das Jahr 1958, als Charles David Keeling mit CO<sub>2</sub>-Messungen auf dem Berg Mauna Loa auf Hawaii begann, die seither regelmäßig durchgeführt werden. Das Mauna-Loa-Observatorium befindet sich auf einer Höhe von 3397 Metern über dem Meeresspiegel und ist aufgrund der starken marinen Inversionsschicht an diesem Ort eine der wichtigsten atmosphärischen Forschungseinrichtungen. Die Messung in dieser Höhe ermöglicht eine deutliche Trennung zwischen den verschmutzten, unteren Teilen der Atmosphäre und der viel saubereren Troposphäre (siehe <https://gml.noaa.gov/obop/mlo/>). Aus diesen Gründen werden die Daten nicht nur als lokale Daten angesehen, sondern als Schätzung für den globalen CO<sub>2</sub>-Gehalt genommen ([https://gml.noaa.gov/ccgg/about/co2\\_measurements.html](https://gml.noaa.gov/ccgg/about/co2_measurements.html)). Für den Potsdamer Klimaforscher Stefan Rahmstorf zählt der Mauna-Loa-Datensatz (zusammen mit dem Vostok-Datensatz, siehe unten) zu den fünf wichtigsten Datensätzen der Klimaforschung ([https://www.pik-potsdam.de/~stefan/5datasets\\_rahmstorf.pdf](https://www.pik-potsdam.de/~stefan/5datasets_rahmstorf.pdf)). Die Harvard Wissenschaftshistorikerin Naomi Oreskes bezeichnet die aus diesen Daten gewonnene Keeling-Kurve sogar „as one of the most important works of the 20th century“ (<https://www.advancedsciencenews.com/science-of-the-2010s-the-urgency-of-climate-change/>).

Die Mauna-Loa-Daten sind verfügbar von der Webseite des Global Monitoring Laboratory (GML) der

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) der USA (siehe <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html>).

Sie geben Auskunft über den atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalt in jüngster Zeit. Für die Frage, welchen Einfluss die menschliche Zivilisation auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt hat, ist es aber nötig, Daten aus anderen Epochen der Erdgeschichte zum Vergleich zu betrachten, um auszuschließen, dass es sich bei der jüngsten Zunahme um „natürliche Schwankungen“ handelt. Auch wenn zu Urzeiten, noch vor dem Homo Sapiens, keine Messungen vorgenommen werden konnten, so liegen dennoch bis in die Urzeit zurückliegende Informationen über Temperaturen und atmosphärische Gase vor. Der Vostok-Datensatz, gewonnen aus antarktischen Eiskernbohrungen, erlaubt es, Temperaturen und atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalt aus 420.000 Jahren Erdgeschichte zu rekonstruieren. Die historischen Daten zu CO<sub>2</sub> und globalen Temperaturen sind verfügbar über ESS-DIVE, einer frei zugänglichen Online-Plattform des vom Energieministerium der USA finanzierten Environmental Systems Science Program, <https://ess-dive.lbl.gov/> (Barnola et al., 2003; Petit et al., 2000). Temperaturdaten aus Vostok sind verfügbar unter: <https://data.ess-dive.lbl.gov/catalog/d1/mn/v2/object/ess-dive-1e57f3f83864c10-20180717T104354142744> und CO<sub>2</sub>-Daten aus Vostok sind verfügbar unter: <https://data.ess-dive.lbl.gov/catalog/d1/mn/v2/object/ess-dive-457358fdc81d3a5-20180726T203952542>.

Die erste Herausforderung besteht darin, die Qualität dieser Daten einzuschätzen. Wie genau können diese Messungen sein? Wie lassen sich aus Eiskernbohrungen Temperaturmittelwerte und CO<sub>2</sub>-Konzentration rekonstruieren? Der Wikipedia-Artikel (Vostok-Eiskern, [https://en.wikipedia.org/wiki/Vostok\\_Station](https://en.wikipedia.org/wiki/Vostok_Station)) kann als Einstieg in die Meta-Daten-Diskussion in Phase 4 genutzt werden. Wir fassen wesentliche Informationen im Folgenden zusammen.

Diese Daten sind geeignet, um die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Laufe von 420.000 Jahren Erdgeschichte zu untersuchen, weil Eiskerne an Orten des ewigen Frosts als Archive für Klimadaten gelten. Schnee sammelt sich dort nur sehr langsam an, und ein Eiskern, der aus vielen Schneeschichten zusammengesetzt ist, enthält eine lange, genaue Aufzeichnung der Temperatur und der atmosphärischen Zusammensetzung vieler Jahrtausende, da die im Eis eingeschlossenen Luftblasen kleine Proben der alten Atmosphäre sind, zur Illustration dieses Vorgehens

(siehe <https://epic.awi.de/id/eprint/19661/1/Oer2008i.pdf>).

Zwischen 1970 und 1995 bohrten russische und französische Teams an der Vostok-Station in der Antarktis bis in eine Tiefe von 3623 Meter und generierten Daten, die die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und die Temperatur in Vostok für die letzten 420.000 Jahre rekonstruieren lassen. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wird gemessen in der Einheit parts per million (Anteile pro Million), kurz ppm, also die Anzahl an CO<sub>2</sub>-Molekülen pro Million Moleküle trockener Luft. Die Vostok-Eiskerndaten bestehen aus zwei Zeitreihen: CO<sub>2</sub> und Temperatur; wobei die Temperatur angegeben ist als Abweichung zum neuzeitlichen Oberflächentemperatur-Mittelwert von Vostok von -55,5 Grad Celsius.

Es stellt sich die Frage, ob die in Vostok gemessenen, lokalen Daten auch Schätzungen für die globalen Schwankungen ermöglichen. Beim CO<sub>2</sub>-Gehalt kann man von einer Homogenität in der Atmosphäre ausgehen. Bei der Temperatur erlauben moderne Klimamodelle eine Verbindung zwischen den Antarktisdaten und dem globalen Temperaturmittelwert herzustellen. Ferner gibt es an anderen Orten im Eis gemessene Daten (z. B. Law Dome, s. u.), die ähnliche Muster zeigen. Ein weiteres Argument ist, dass die Isotopenverhältnisse, auf denen die Temperaturrekonstruktion beruht, auch als ein Indiz für globale Änderungen angesehen werden. Letztlich muss man sich hierbei auf den Stand der Wissenschaft verlassen, den man im Unterricht nur ansatzweise erklären kann.

#### *Phase 5: Aufgaben und Analysen*

Im Unterricht geht es in der nächsten Phase darum, die verschiedenen Datensätze selbst zu analysieren und zu visualisieren, um Antwortansätze für die gestellten Fragen zu finden. Wir machen Vorschläge, wie man im Folgenden das einfach zu bedienende Tool CODAP (<https://codap.concord.org>) für statistische Auswertungen nutzen kann. Die Softwarewahl hängt von Vorkenntnissen der Lernenden ab, mit CODAP kann man direkt einsteigen.

Als Einstieg bietet sich eine Visualisierung der Mauna-Loa-Daten an (Abb. 2), an der sich die erste Unterfrage aufwerfen lässt, ob es nicht historisch auch schon solche Phasen der Zunahme des atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalts gegeben hat, die dann möglicherweise nicht auf menschlichen Einfluss zurückzuführen sind.

Abb. 2 zeigt monatliche Mittelwerte des CO<sub>2</sub>-Gehalts (gemessen in ppm) in der Troposphäre zwischen 1958 und 2023.

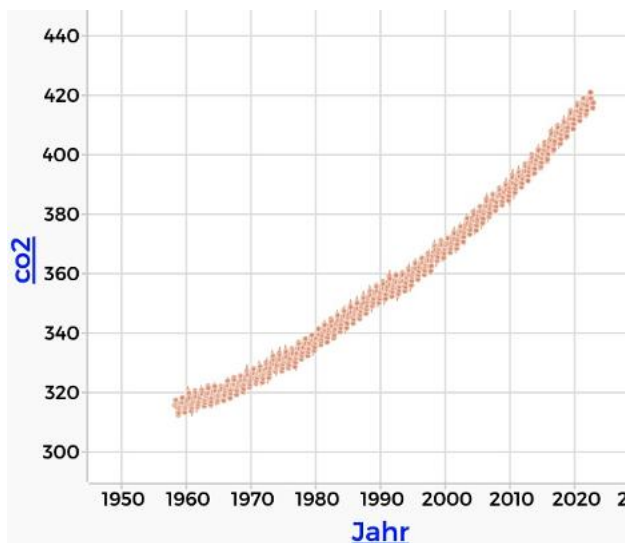


Abb. 2: Monatlicher Mittelwert des CO<sub>2</sub>-Gehalts in ppm in der Erdatmosphäre (co2), gemessen auf Mauna Loa, Hawaii, zwischen 1958 und 2023. Quelle der Daten, siehe Endnote.

Aus Abb. 2 stellen wir für den Zeitraum von 1958 bis 2023 fest:

- Im Trend ist eine ständige Zunahme des CO<sub>2</sub>-Gehalts von 310 auf 420 ppm innerhalb von 65 Jahren zu verzeichnen (Man könnte hierzu jeweils die Jahresmittelwerte für die Trendschätzung berechnen und visualisieren).
- Über den ganzen Zeitraum gibt es ähnliche Schwankungen im Jahresverlauf (kann man durch Hineinzoomen in einzelne Zeitabschnitte erkennen). Diese Schwankungen sind im Wesentlichen jahreszeitlich bedingt. Die saisonale Komponente, erklärbar durch die CO<sub>2</sub>-aufnehmende Photosynthese von Pflanzen im Frühling und Sommer, führt zu einem Nachlassen des atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalts in diesen Jahreszeiten, während die Pflanzen im Winter Energie durch nachlassende Photosynthese einsparen und somit weniger CO<sub>2</sub> speichern.

Dies kann im Unterricht überleiten zur zweiten Unterfrage: Wie hat sich in diesem Zeitraum die globale durchschnittliche Temperatur auf der Erde entwickelt?

Nach einer laufenden Temperaturanalyse von Wissenschaftler:innen des Goddard Institute for Space Studies (GISS) der NASA ist die durchschnittliche globale Temperatur auf der Erde seit 1880 um mindestens 1,1° Celsius gestiegen. Der größte Teil der Erwärmung ist seit 1975 eingetreten, mit einer Rate

von etwa 0,15 bis 0,20 °C pro Jahrzehnt (<https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>). Dazu muss man wissen, dass die durchschnittliche globale Temperatur auf sehr vielen Messungen an verschiedenen Orten beruht, die aber bei der Durchschnittsbildung geeignet zu gewichtet sind. Dazu werden auch komplexe Klimamodelle herangezogen. In der genannten Quelle werden die modellierenden Berechnungen von fünf wissenschaftlichen Instituten in einer Grafik gegenübergestellt. Es gibt Abweichungen im Detail, aber die Kurven sind erstaunlich ähnlich, was die Autor:innen zu dem Grafiktitel führte „A world of agreement: Temperatures are rising“. Dieser globale Mittelwert ist ein gut nutzbarer Indikator (um z. B. Klimaziele zu formulieren), aber es ist klar, dass die durchschnittliche Erwärmung recht unterschiedlich an verschiedenen Orten der Welt ausfällt. Hierzu bietet die Website statistische Weltkarten an. Je nach Zeit im Unterricht können Studierende sich hiermit selbstständig auseinandersetzen, oder die Lehrkraft bringt ausgewählte Grafiken ein. Die Auseinandersetzung damit trägt auch zur zivilstatistischen Kompetenz hinsichtlich praktisch aller Facetten bei.

In einem nächsten Schritt im Unterricht können historische CO<sub>2</sub>- und Temperaturdaten untersucht werden. Damit kann auf Kritiker:innen der These, dass der Klimawandel menschengemacht sei, eingegangen werden, die einwenden, dass es im Laufe der Erdgeschichte schon immer Perioden mit höherem und niederen globalen Durchschnittstemperaturen und CO<sub>2</sub>-Niveaus gegeben habe. Als Ursachen für diese historischen Eiszeit-Warmzeit Zyklen gelten Schwankungen in der Erdumlaufbahn um die Sonne, sogenannte Milankovitch-Zyklen (siehe z. B. <https://www.mpi-bremen.de/Binaries/Binary5813/2-Milankovic-Zyklen-KlimawandelKurzer-klaert-Physik-Astronomie.pdf>). Die durch diese Zyklen erhöhte Wärmeeinstrahlung führt zur globalen Temperaturerhöhung, die den CO<sub>2</sub>-Gehalt steigert, was dann wiederum zu weiterer Temperaturerhöhung geführt hat.

Wir benötigen Daten über historische erdgeschichtliche Temperaturen und CO<sub>2</sub>-Werte, um einschätzen zu können, ob die aktuellen CO<sub>2</sub>-Messungen von Mauna Loa mit regelmäßigen Schwankungen im Laufe der Erdgeschichte erklärt werden können. Als Datenbasis (zu besprechen in Phase 4: Daten und Metadaten) für die Untersuchung in Phase 5 schlagen wir den Vostok-Datensatz vor, gewonnen aus antarktischen Eiskernbohrungen. Abb. 3 zeigt in der



oberen Darstellung Abweichungen der Durchschnittstemperatur vom neuzeitlichen Mittelwert von  $-55^{\circ}\text{C}$  in Vostok im Laufe von 420.000 Jahren Erdgeschichte. Man sieht, dass es im Laufe der 420.000 Jahre schon immer Schwankungen in der Temperatur in Vostok in Höhe von bis zu  $12^{\circ}\text{C}$  gegeben hat. Die Klimaforscher:innen sehen das als Indikator für die Schwankungen des globalen Mittelwerts an. Ein genauerer Zusammenhang kann nur durch Klimamodelle hergestellt werden. Die untere Darstellung zeigt den Verlauf des  $\text{CO}_2$ -Gehalts ebenfalls über 420.000 Jahre, gegeben in ppm (parts per million).

Anhand der Grafiken lässt sich feststellen:

- Die Temperatur auf unserem Planeten hat schon immer gewissen Schwankungen unterlegen (Stichwort: Eiszeiten). Diese verlaufen zyklisch und können durch die Milankovich-Zyklen erklärt werden.
- Auch der  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Erdatmosphäre variierte im Laufe der Jahrhunderttausende in deutlichem Maße, und zwar zwischen 180 und 300 ppm.
- Zwischen den Temperaturschwankungen und den Veränderungen des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes ist ein Zusammenhang erkennbar. Die Kurven weisen starke parallele Strukturen auf. Hohe  $\text{CO}_2$  Werte korrelieren mit hohen Temperaturwerten, ebenso sind die Temperaturwerte niedriger Zeiten geringerer  $\text{CO}_2$  Werte. (Abb. 3). Wie sich diese Schwankungen gegenseitig genau beeinflussen, ist noch Gegenstand aktiver Forschung (siehe z. B. <https://www.mpg.de/16166855/den-ursachen-von-eiszeiten-auf-der-spur>).
- Jeweils zwischen Minimal- und Maximalwerten in Temperatur- und  $\text{CO}_2$ -Gehalt sind zwischen 7000 bis ca. 11.000 Jahre vergangen. Wegen der Länge des Zeitraumes von insgesamt 420.000 Jahren und der dementsprechend stark gestauchten horizontalen Achse täuscht hier ein erster Blick eine rasche Veränderung vor.

Im Unterricht kann man aus den bisherigen Explorationen nun die nächste Frage entwickeln nach dem Vergleich der historischen mit aktuellen Daten. Dabei fokussieren wir uns auf die direkt vergleichbaren  $\text{CO}_2$ -Daten. Die Beziehung der Vostok-Temperaturdaten zu den historischen globalen Temperaturmitteln ist, wie schon kurz ausgeführt, komplizierter.

Jeder Datensatz (Vostok und Mauna Loa) zeigt einzeln eine eigene Entwicklung. Die Werte des Vostok-

Eiskerns zeigen ein sich über Jahrtausende erstreckendes, zyklisches Muster von Temperatur- und  $\text{CO}_2$ -Werten (Abb. 3). Die Messungen des Mauna-Loa-Observatoriums zeichnen, über saisonale Schwankungen hinweg, einen konstanten Aufwärtstrend des  $\text{CO}_2$ -Gehalts seit 1958 (Abb. 2).

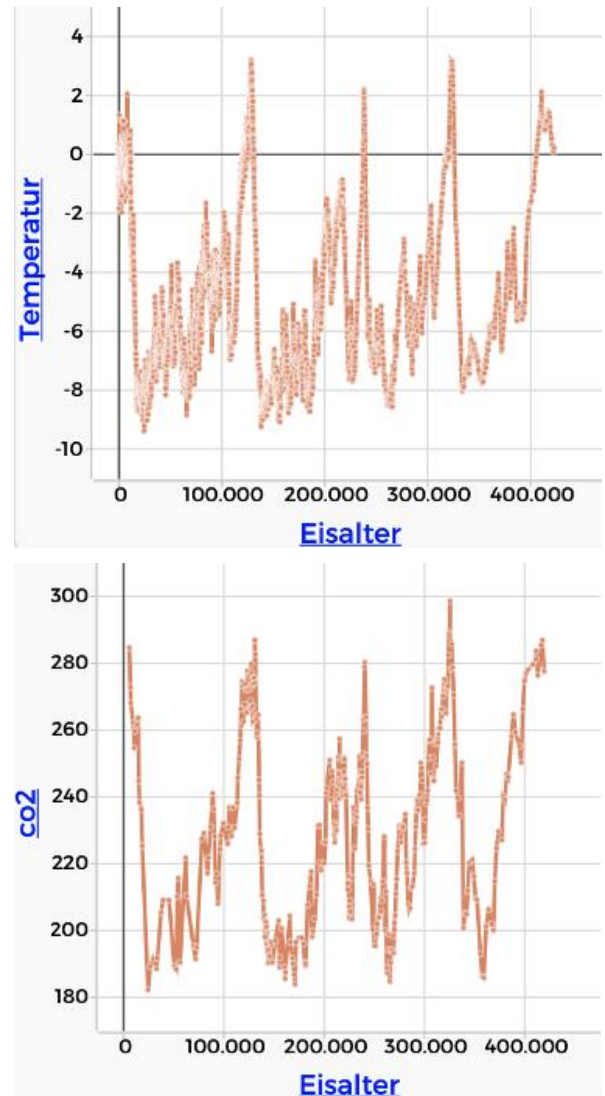


Abb. 3: Eisalter (in Jahren) und Temperaturabweichungen, definiert als Temperaturabweichung in  $^{\circ}\text{C}$  zum neuzeitlichen Mittelwert  $-55^{\circ}\text{C}$  (oben), Eisalter und  $\text{CO}_2$ , d. h.  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Erdatmosphäre, gemessen in ppm (unten). Man beachte die Ausrichtung der horizontalen Achse als umgedrehte Zeitachse. Eisalter bedeutet „Jahr BP“ (Before Present), wobei Present als 1950 angesetzt wird, das ist eine gängige Skala für weit zurückliegende Daten in der Klimaforschung. Quelle der Daten: siehe Endnote.

Kern zur Erschließung der Problemstellung ist die Zusammenführung beider Datensätze (Abb. 4). Auch wenn die beiden Datensätze an völlig anderen Orten und mit verschiedenen Methoden erhoben wurden, zweifelt die Klimaforschung nicht an ihrer Vergleichbarkeit (<https://keeling-curve.ucsd.edu/2014/03/20/how-are-ice-core->

[data-and-mauna-loa-atmospheric-data-made-comparable/](#)). Erst durch die Kombination der Datensätze wird deutlich, dass die jüngsten Entwicklungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration mit den erdgeschichtlich beobachtbaren Zyklen in dem Sinne nicht erklärbar sind, insofern der jüngste Anstieg völlig aus dem Muster vergangener Schwankungen herausfällt. Abb. 4 zeigt eine kombinierte Darstellung der CO<sub>2</sub>-Daten. Im Vergleich zu den über Jahrtausende verlaufenden historischen Schwankungen hat der atmosphärische CO<sub>2</sub>-Gehalt in den letzten 65 Jahren um über 100 ppm zugenommen, ausgehend von einem bereits hohen Niveau. Außerdem beachte man die Skalierung: bewegten sich die historischen Schwankungen im Bereich zwischen 180 bis 300 ppm, so verläuft die neuzeitliche Entwicklung auf einem durchgehend höheren Niveau.

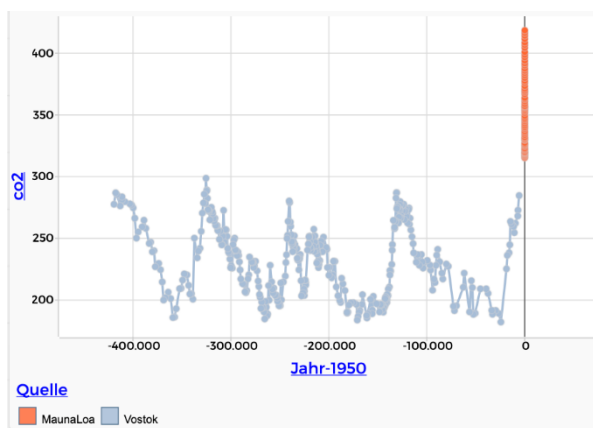


Abb. 4: Vostok-CO<sub>2</sub>- und Mauna-Loa-CO<sub>2</sub>-Daten in einem Graph. Die Vostok-Daten wurden aus Abb. 3 (unten) übernommen, ihr Vorzeichen wurde invertiert, und sie wurden entlang einer invertierten x-Achse geplottet. Der Nullpunkt liegt bei 1950. Für die Mauna-Loa-Daten wurde der Jahresmittelwert für die Jahre ab 1958 genommen. Die Daten beginnen also bei 1958 – 1950 = 8 und enden bei 2023 – 1950 = 73. Diese vergleichsweise kleine Spanne erklärt, warum die Mauna-Loa-Daten so aussehen, als hätten sie alle die x-Koordinate 0.

Somit liefert die Zusammenführung der Daten in Abb. 4 eine deutliche Evidenz dafür, dass die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre seit 1958 nicht mit erdgeschichtlichen Schwankungen erklärbar ist. Die historischen Schwankungen bezüglich CO<sub>2</sub> bewegten sich in einem Skalenbereich zwischen 180 und 300 ppm mit Zyklen, die ca. 100.000 Jahre dauerten. Die jüngeren Mauna-Loa-Daten hingegen schwanken zwischen 320 und 420 ppm mit einem Anstieg von 100 ppm innerhalb von nur 65 Jahren. Die Milankovitch-Zyklen liefern also keine ausreichende Erklärung mehr für diese Schwankungen. Es ist andererseits natürlich bekannt, welche Quellen (Industrie, Verkehr, Heizung von Gebäuden) CO<sub>2</sub>

produzieren, wenn die Wärme bzw. Energie mit fossilen Brennstoffen erzeugt wird (siehe z. B. <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>) und damit den Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehaltes befördern. Modellrechnungen sind nötig, um abzuschätzen, welche Auswirkungen die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf die globale CO<sub>2</sub>-Konzentration und die globale Temperatur haben. Das müsste Teil einer weiteren Unterrichtseinheit sein.

Obige Schlussfolgerungen werden bestätigt, wenn Mauna-Loa-Daten mit Messungen aus anderen Eiskernen in Beziehung gebracht werden. So liefert der Law Dome Eiskern (siehe [https://de.wikipedia.org/wiki/Law\\_Dome](https://de.wikipedia.org/wiki/Law_Dome)) in der Antarktis CO<sub>2</sub>- und Temperaturdaten von 1010 bis 1975 in einem Abstand von 5 Jahren. Auch diese Daten sind über die Plattform des Environmental Systems Science Program verfügbar, <https://doi.org/10.3334/CDIAC/ATG.011> (Etheridge et al., 1998).

Abb. 5 zeigt eine kombinierte Darstellung der Law-Dome-Daten und der Mauna-Loa-Daten. Die Kurve des CO<sub>2</sub>-Verlaufs aus den Law-Dome-Daten geht quasi stetig in die Mauna-Loa-Kurve über. Diese Beobachtung bestätigt nicht nur die Vergleichbarkeit von aus Eiskernmessungen rekonstruierten Daten mit tatsächlich in der Erdatmosphäre gewonnenen Mauna-Loa-Daten. Die Abbildung gibt auch einen Hinweis, dass der CO<sub>2</sub> Anstieg parallel zur Industrialisierung zunahm.

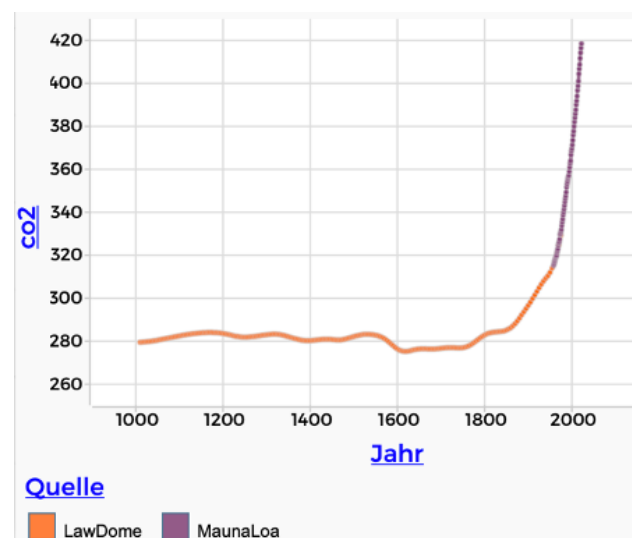


Abb. 5: Law-Dome-CO<sub>2</sub>- und Mauna-Loa-Daten in einem Graph. Quelle der Law-Dome-Daten siehe Endnote. Von Mauna Lo sind die Jahresmittelwerte aufgetragen.

Aus den bisherigen Erkenntnissen kann man im Unterricht nun die letzte Frage motivieren und eine Diskussion anregen zu möglichen Ursachen für den

CO<sub>2</sub>-Anstieg in den vergangenen Jahrzehnten. Dies leitet auch über zur letzten Phase.

*Didaktischer Hinweis.* Zivilstatistische Projekte (vor allem in Phase 5) bieten eine ausgezeichnete Möglichkeit, praktische Erfahrungen mit eigenen Datenexplorationen in einem gut strukturierten Rahmen zu sammeln. Diese sollten so gestaltet sein, dass sie die Arbeit mit verschiedenen Kontexten, Datensätzen und digitalen Tools ermöglichen, wie hier vorgestellt. Für diese lange fünfte Phase ist es eventuell im Vorfeld nötig, grundlegende Statistikkenntnisse bei Lernenden aufzufrischen, um eine solide Basis für die Arbeit am Sachthema zu haben. Auch bei der Nutzung statistischer Tools, wie hier CODAP, sollte unterstützt werden, um technische Hürden zu minimieren. Hier helfen ggf. auch kurze Lernvideos.

#### *Phase 6: Diskussion*

Umfangreiche Messungen und Hochrechnungen belegen, dass unsere Zivilisation sehr viel CO<sub>2</sub> ausstößt, das nicht vollständig absorbiert wird. Es ist klar, dass einige wenige Grafiken jahrzehntelange kollektive Klimaforschung nicht ersetzen können. Da würde man sich auf das Niveau grober Vereinfachung von Statistiken begeben. Man muss also im Unterricht darauf verweisen, dass die Untersuchungen der Klimaforschenden andere als anthropogene Erklärungen für die Zunahme ausschließen und dass die verwendeten Daten und Diagramme in der Klimaforschung historisch und aktuell eine zentrale Rolle spielen.

Der entscheidende Punkt ist nun aber, dass der CO<sub>2</sub>-Anstieg eine Steigerung der Durchschnittstemperatur zur Folge hat mit all den jetzt schon sichtbaren oder prognostizierten Folgen, die tagtäglich in den Medien zu lesen sind. Daher ergibt sich die Notwendigkeit, den weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren.

Diese Einsicht kann mit Blick auf Facette 1 eine Aufforderung zum gesellschaftlichen Engagement initiieren, nämlich die Politik zu notwendigen Maßnahmen aufzufordern oder Mitmenschen zu klimaneutralem Verhalten (Ernährung, Flugreisen) etc. aufzufordern. Solche Aspekte sowie die Diskussion zum gesellschaftlichen Engagement lassen sich in der abschließenden Phase 6 des Projektes zusammentragen und diskutieren.

Im Rahmen der Lehre für Lehramtsstudierende sollte spätestens in der letzten Phase ausreichend Zeit eingeplant werden, um mit den Studierenden die Möglichkeiten, Chancen, Potentiale und Herausforderungen der Integration der erlernten Aktivitäten in den schulischen Unterricht zu diskutieren.

### **5.3 Einordnung des Vorschlags in den PCS-Radarplot**

Eine Bewertung der geförderten zivilstatistischen Facetten kann wie folgt aussehen. Die Bedeutung des Klimawandels für Gesellschaft und Politik ist sehr hoch einzustufen (Facette 1). Um notwendige Maßnahmen trotz aller Schwierigkeiten politisch möglich zu machen, ist Bewusstsein für die Verantwortung auf gesellschaftlicher und individueller Ebene notwendig. Der große, globale Horizont der Thematik scheint leicht zu Resignation oder Verdrängung zu führen, welche die empfundene Handlungsfähigkeit und damit verbundene Bereitschaft zur Auseinandersetzung untergraben kann (Facette 3). Die großen Anstrengungen, die für eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes notwendig sind, gehen mit erheblichen Folgen für Gesellschaften einher. Um diese für unterschiedliche Bereiche (Wirtschaft, Infrastruktur) auch unter Berücksichtigung der Möglichkeiten verschiedener Länder (Entwicklungsländer, Industrieländer) einschätzen zu können, ist erhebliches Kontextwissen notwendig (Facette 8). Die Datensätze selbst sind sehr umfangreich und lassen sich nur mit Hilfe des Computers effizient analysieren. Dabei treten einige Herausforderungen auf, wie beispielsweise die enorme Zeitachse, welche eine übersichtliche Darstellung erschwert, oder die unterschiedliche Orientierung der Zeitangaben (Eisalter bzw. aktuelle Jahreszahl) (Facette 5). Dazu gehört auch die Auseinandersetzung, wie die Daten im Forschungsprozess gewonnen werden (Facette 6). Die Rekonstruktion von Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Daten aus Eisbohrkernen sollte zumindest in Ansätzen nachvollzogen werden. Dies kann auch mittels eigenständiger Recherche der Lernenden geschehen (Facette 9), wozu jedoch in hohem Maße die Auseinandersetzung mit (wissenschaftlichen) Texten und ggf. anderen Informationsmedien nötig ist (Facette 11).

## **6. Ausblick**

Die Thematisierung zivilstatistischer Themen in der Lehrer:innenausbildung ist essenziell für die Vorbereitung künftiger Lehrkräfte, zivilstatistische Inhalte effektiv und kontextbezogen zu unterrichten.

### **6.1 Eine Herausforderung: Vermittlung fachlicher Inhalte sowie die Kunst, gute Beispiele zu finden**

Auf der anderen Seite sehen wir aber auch die Vermittlung fachlicher Inhalte sowie die Kunst, gute Beispiele zu finden, als eine wesentliche Herausforderung.



rung an: Auf Basis unserer Erfahrung in zwei Lehrveranstaltungen 2016/2017 und 2017/2018 wurde eine wesentliche Herausforderung deutlich, die sich aus Beobachtungen und ersten Auswertungen der Arbeitsdokumente der Teilnehmer:innen ergab. Die fachlichen Grundlagen, die auch in den Facetten 4-11 des Radarplots (Abb. 1) dargestellt werden, stellen verschiedene Schwierigkeiten dar. Obwohl in der universitären Lehramtsausbildung in Paderborn eine Grundlagenveranstaltung im Sinne einer "Elemente der Stochastik" zum curricularen Kern in der Lehramtsausbildung gehört, zeigten sich sowohl fachliche als auch technische Schwächen im Umgang mit bereits erlernten digitalen Werkzeugen. In unseren Lehrveranstaltungen traten Schwierigkeiten auf, adäquate statistische Fragestellungen zu generieren, Diagramme ausführlich zu beschreiben und zu interpretieren sowie Verteilungsvergleiche und die Nutzung verschiedener Prozente bei der Exploration multivariater Daten anzuwenden. Beim Finden geeigneter Unterrichtsvorschläge zu zivilstatistischen Themen kann die im Rahmen des ProCivicStats-Projekts entwickelte CivicStatMap (<https://rstudio.up.pt/shiny/users/pcs/civicstat-map/>) hilfreich sein, um Anwendungsbeispiele für statistische Konzepte zu finden.

## 6.2 Ausblick für die Gestaltung zivilstatistischer Inhalte im Schulunterricht

Wir schließen unseren Beitrag über curriculare Implikationen zur Thematisierung von Zivilstatistik mit einem Blick auf den Schulunterricht: Um junge Leute zu befähigen, sich sachkundig in gesellschaftliche Debatten einzubringen und sich für die Lösung drängender sozialer Fragen zu engagieren, erscheinen uns Reformen des Statistikunterrichts in Schulen und Universitäten essenziell. Es geht nicht nur um mathematische und statistische Methoden – Datenanalyse, Grafikinterpretation und Visualisierung sollten quer durch alle Fächer gelehrt werden, um Erkenntnisse zu fördern. Statistikunterricht sollte über technische Fertigkeiten hinausgehen und durch die Einbindung in reale Kontexte jungen Menschen zeigen, wie zivilstatistische Analysen relevant werden, damit sie lernen, auf Basis von Daten fundierte Meinungen zu entwickeln und aktiv am gesellschaftlichen Diskurs teilzunehmen. Im ProCivicStat Projekt (Gal et al., 2022; Schiller & Engel, 2022) wurden Vorschläge entwickelt für die Planung von Unterricht, der zivilstatistische Kompetenzen fördern kann. Eine beispielhafte Thematisierung zivilstatistischer Inhalte im Mathematikunterricht findet sich in Wassner und Prömmel (2022). Für den Unterricht sollten Aufgaben so geplant werden, dass nicht

nur Statistik oder reale Daten adressiert werden, sondern auch andere der Facetten (Abb. 1). Dazu ist es nötig, dass Lehrkräfte sich selbst mit den elf Facetten beschäftigen und dann Aufgaben so gestalten, dass einige adressiert werden. Für einen sinnvollen und effektiven Unterricht in Zivilstatistik müssen statistische Beispiele und Aktivitäten im Klassenzimmer mit relevanten Themen wie Gesundheit, Kriminalität, Beschäftigung, Löhne, Gleichberechtigung, Umweltverschmutzung, globale Erwärmung, usw. kontextualisiert werden. Die Analysen sollten einen echten „Informationsbedarf“ für mögliche Interessengruppen widerspiegeln. Im Unterricht Zivilstatistik aufzugreifen, bedeutet ein Umdenken über die Natur der Statistikausbildung in Schule und Hochschule und darüber, wie Statistik kontextualisiert wird und Bedeutung erlangt für gesellschaftliches und politisches Engagement (Ridgway, 2016; Gal & Ograjensek, 2017). Zivilstatistik befindet sich im Schnittpunkt verschiedenster Disziplinen, deshalb ist eine multidisziplinäre Perspektive nötig, die über die traditionelle Behandlung von Statistik im Mathematikunterricht hinausgeht.

## Anmerkungen

Die Autor:innen dieses Artikels haben in gleichem Maße zu seiner Erstellung beigetragen.

Anmerkungen zu den Abbildungen:

- Abb. 2. Mauna-Loa-Daten. Wir haben die Daten über den folgenden Link heruntergeladen: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html>
- Abb. 3 Vostok-CO<sub>2</sub>- und Temperaturdaten. Originär sind die historischen Daten zu CO<sub>2</sub> verfügbar über ESS-DIVE, einer frei zugänglichen Online-Plattform zur Speicherung, gemeinsamen Nutzung und Entdeckung von Daten des vom Energieministerium der Vereinigten Staaten finanzierten Environmental Systems Science (ESS)-Programms, <https://ess-dive.lbl.gov/>.
- Die CO<sub>2</sub>-Daten aus Vostok sind verfügbar unter <https://data.ess-dive.lbl.gov/catalog/d1/mn/v2/object/ess-dive-457358fdc81d3a5-20180726T203952542>, die Temperaturdaten unter <https://data.ess-dive.lbl.gov/catalog/d1/mn/v2/object/ess-dive-1e57f3f83864c10-20180717T104354142744>. Die Dateien sind Textdateien, die mit jedem Texteditor geöffnet werden können. Dort angegebene Quellen: Barnola J., Raynaud D., Lorius C., Barkov N. (2003); Petit, J. R., Raynaud, D., Lorius, C., Delaygue, G., Jouzel, J., Barkov, N. I. & Kotlyakov, V. M. (2000)
- Abb. 4: Es wurden die Daten aus Abb. 3 unten (nach Umkehrung der x-Achse) und die Jahresmittelwerte der Mauna-Loa-Daten von <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html> hinzugefügt.
- Abb. 5 Law Dome Data und Mauna-Loa-Jahresmittel: Die CO<sub>2</sub>-Daten des Law Dome sind verfügbar unter <https://doi.org/10.3334/CDIAC/ATG.011>. Dort angegebene Quelle: Etheridge, D., Steele, L., Langenfelds, R.,

Francey, R., Barnolam, J. & Morgan, V. (1998). Historical CO<sub>2</sub> Records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS Ice Cores (1006 A.D.–1978 A.D.).

Alle Klima-Daten dieses Artikels sind über ein CODAP-Arbeitsblatt über folgenden Link verfügbar: <https://tinyurl.com/Mau-naVostok>

## Literatur

- Arnold, P. & Franklin, C. (2021). What makes a good statistical question? *Journal of Statistics and Data Science Education*, 29(1), 122–130. <https://doi.org/10.1080/26939169.2021.1877582>
- Bailey, N. G. & McCulloch, A. W. (2023). Describing critical statistical literacy habits of mind. *The Journal of Mathematical Behavior*, 70, 101063. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2023.101063>
- Barnola, J., Raynaud, D., Lorius, C. & Barkov, N. (2003). Historical carbon dioxide record from the Vostok Ice Core (417,160–2,342 years BP). *ESS-DIVE Repository*. <https://doi.org/10.3334/CDIAC/ATG.009>
- Ben-Zvi, D. & Garfield, J. B. (2004). Statistical literacy, reasoning and thinking: Goals, definitions, and challenges. In D. Ben-Zvi & J. B. Garfield (Hrsg.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning, and thinking* (S. 3–16). Kluwer. <https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6>
- Biehler, R., Frischemeier, D., Gould, R. & Pfannkuch, M. (2023). Impacts of digitalization on statistics education content and goals: Data science and computer-intensive statistical inference. In B. Pepin, G. Gueudet & J. Choppin (Hrsg.), *Handbook of Digital Resources in Mathematics Education* (S. 1–37). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-95060-6\\_20-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95060-6_20-1)
- Campos, C. R. (2016). La educación estadística y la educación crítica. *Segundo Encuentro Colombiano de Educación Estocástica (2° ECEE)*. <https://funesfrpre.uniandes.edu.co/funes-documentos/la-educacion-estadistica-y-la-educacion-critica/>
- Engel, J. (2017). Statistical literacy for active citizenship: A call for data science education. *Statistics Education Research Journal*, 16(1), 44–49. <https://doi.org/10.52041/serj.v16i1.213>
- Engel, J., Biehler, R., Frischemeier, D., Podworny, S., Schiller, A. & Martignon, L. (2019). Zivilstatistik: Konzept einer neuen Perspektive auf Data Literacy und Statistical Literacy. *AStA Wirtschafts- und Sozialstatistisches Archiv*, 13, 213–244. <https://doi.org/10.1007/s11943-019-00260-w>
- Engel, J., Nicholson, J. & Louie, J. (2022). Preparing for a data-rich world: Civic Statistics across the curriculum. In J. Ridgway (Hrsg.), *Statistics for empowerment and social engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens* (S. 445–475). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_18)
- Engel, J. (2024). Some reflections on the role of data and models in a changing information ecosystem. In S. Podworny, D. Frischemeier, M. Dvir & D. Ben-Zvi (Hrsg.), *Minerva School 2022: Reasoning with data models and modeling in the big data era* (S. 101–107). <https://doi.org/10.17619/UNIPB/1-1815>
- Etheridge, D., Steele, L., Langenfelds, R., Francey, R., Barnolam, J. & Morgan, V. (1998). *Historical CO<sub>2</sub> records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores (1006 A.D.–1978 A.D.)*.
- Freire, P. (1973). *Pädagogik der Unterdrückten. Bildung als Praxis der Freiheit*. Rowohlt.
- Freire, P. & Macedo, D. (1987). *Literacy: Reading the word and the world*. Taylor and Francis.
- Friedrich, A., Schreiter, S., Vogel, M., Becker-Genschow, S., Brünken, R., Kuhn, J., Lehmann, J. & Malone, S. (2024). What shapes statistical and data literacy research in K-12 STEM education? A systematic review of metrics and instructional strategies. *International Journal of STEM Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00517-z>
- Frischemeier, D., Podworny, S. & Biehler, R. (2019). Chancen und Herausforderungen für die Implementation von Zivilstatistiken in der Lehramtsausbildung. *Stochastik in der Schule*, 39(1), 26–33.
- Frischemeier, D. & Leavy, A. (2020). Improving the quality of statistical questions posed for group comparison situations. *Teaching Statistics*, 42, 58–65. <https://doi.org/10.1111/test.12222>
- Frischemeier, D., Podworny, S. & Biehler, R. (2022). Data visualization packages for civic statistics in high school classrooms. In J. Ridgway (Hrsg.), *Teaching Statistics for Empowerment and Social Engagement: Resources for teaching civic statistics to develop informed citizens* (S. 199–236). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_9)
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1–25. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2002.tb00336.x>
- Gal, I. (2022). Critical understanding of Civic Statistics: Engaging with important contexts, texts, and opinion questions. In J. Ridgway (Hrsg.), *Statistics for Empowerment and Social Engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens* (S. 323–343). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_13)
- Gal, I. & Ograjenšek, I. (2017). Official statistics and statistics education: Bridging the gap. *Journal of Official Statistics*, 33(1), 79–100. <https://doi.org/10.1515/jos-2017-0005>
- Gal, I. & Ograjenšek, I. (2018). Developing official statistics literacy: A proposed model and implications. In P. Kovács (Hrsg.), *Proceedings of Challenges and Innovations in Statistics Education Multiplier Conference of ProCivicStat*. University of Szeged.
- Gal, I., Nicholson, J. & Ridgway, J. (2022). A conceptual framework for civic statistics and its educational applications. In J. Ridgway (Hrsg.), *Statistics for Empowerment and Social Engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens* (S. 37–66). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_3)
- Gould, R. (2017). Data literacy is statistical literacy. *Statistics Education Research Journal*, 16(1), 22–25. <https://doi.org/10.52041/serj.v16i1.209>
- Guimarães, N., Vehkalahti, K., Campos, P. & Engel, J. (2022). Exploring climate change data with R. In J. Ridgway (Hrsg.), *Statistics for Empowerment and Social Engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens* (S. 369–393). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_11)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (1992). *Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments. First Assessment Report (FAR)*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc\\_90\\_92\\_assessments\\_far\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report.pdf)

- Lesser, L. (2007). Critical values and transforming data: Teaching statistics with social justice. *Journal of Statistics Education*, 15(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/10691898.2007.1188945>
- Louie, J. (2022). Critical data literacy: Creating a more just world with data. *National Academy of Sciences' Workshop on Foundations of Data Science for Students in Grades K–12*. <https://www.nationalacademies.org/documents/em-bed/link/LF2255DA3DD1C41C0A42D3BEF0989ACAECE3053A6A9B/file/D16254F310D01BBDA873920E4EFB8151F2D8334181AA>
- Petit, J. R., Raynaud, D., Lorus, C., Delaygue, G., Jouzel, J., Bar-kov, N. I. & Kotlyakov, V. M. (2000). *Historical isotopic temperature record from the Vostok Ice Core*. CDIAC, ESS-DIVE Repository. Dataset. <https://doi.org/10.3334/CDIAC/CLI.006>
- Peters, M. A., Rider, S., Hyvönen, M., & Besley, T. (Eds.). (2018). *Post-Truth, Fake News*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8013-5>
- Podworny, S., Frischemeier, D. & Biehler, R. (2022). Civic statistics for prospective teachers: Developing content and pedagogical content knowledge through project work. In J. Ridgway (Hrsg.), *Statistics for Empowerment and Social Engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens* (S. 369–393). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_15)
- Podworny, S., Frischemeier, D., Dvir, M. & Ben-Zvi, D. (Hrsg.). (2024). *Minerva School 2022: Reasoning with data models and modeling in the big data era*. Universitätsbibliothek Paderborn. <https://doi.org/10.17619/UNIPB/1-1815>
- Ridgway, J. (2016). Implications of the data revolution for statistical education. *International Statistical Review*, 84(3), 528–549. <https://doi.org/10.1111/insr.12110>
- Ridgway, J. (Hrsg.) (2022). *Statistics for empowerment and social engagement. Teaching statistics to develop informed citizen*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8>
- Ridsdale, C., Rothwell, J., Smit, M., Bliemel, M., Irvine, D., Kelley, D., Matwin, S., Wuetherick, B. & Ali-Hassan, H. (2015). *Strategies and best practices for data literacy education knowledge synthesis report*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1922.5044>
- Ridsdale, C., Rothwell, J., Ali-Hassan, H., Bliemel, M., Irvine, D., Kelley, D., Matwin, S., Smit, M. & Wuetherick, B. (2016). *Data literacy: A multidisciplinary synthesis of the literature*. Proceedings of the Nineteenth SAP Academic Conference Americas.
- Schiller, A. & Engel, J. (2022). Implementing civic statistics in mathematics teacher education. In J. Ridgway (Hrsg.), *Statistics for empowerment and social engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens* (S. 395–416). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_16)
- Schreiter, S., Friedrich, A., Fuhr, H., Malone, S., Brünken, R., Kuhn, J. & Vogel, M. (2024). Teaching for statistical and data literacy in K-12 STEM education: A systematic review on teacher variables, teacher education, and impacts on classroom practice. *ZDM–Mathematics Education*, 56(1), 31–45. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01531-1>
- Schüller, K., Koch, H. & Rampelt, F. (2021). *Data Literacy Charter*. <https://www.stifterverband.org/data-literacy-charter>
- Schüller, K., Busch, P. & Hindinger, C. (2019). *Future Skills: Ein Framework für Data Literacy: Kompetenzrahmen und Forschungsbericht*. Arbeitspapier. Edition Stifterverband. [https://hochschulforumdigitalisierung.de/wp-content/uploads/2023/09/HFD\\_AP\\_Nr\\_47\\_DALI\\_Kompetenzrahmen\\_WEB.pdf](https://hochschulforumdigitalisierung.de/wp-content/uploads/2023/09/HFD_AP_Nr_47_DALI_Kompetenzrahmen_WEB.pdf)
- Scorza, C., Lesch, H., Strähle, M. & Boneberg, D. (2020). Die Physik des Klimawandels: Verstehen und Handeln. In E. Kircher, R. Girwidz & H. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik – Methoden und Inhalte* (S. 395–429). Springer Spektrum. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-59496-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-662-59496-4_13)
- Skovsmose, O. (1994). Towards a critical mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 27(1), 35–57. <https://doi.org/10.1007/BF01284527>
- Souza, L., Lopes, C. & Fitzallen, N. (2020). Creative insubordination in statistics teaching: Possibilities to go beyond statistical literacy. *Statistics Education Research Journal*, 19(1), 73–91. <https://doi.org/10.52041/serj.v19i1.120>
- Wallman, K. K. (1993). Enhancing statistical literacy: Enriching our society. *Journal of the American Statistical Association*, 88(421), 1–8.
- Wassner, C. & Proemmel, A. (2022). Civic statistics at school: Reasoning with real data in the classroom. In J. Ridgway (Hrsg.), *Statistics for Empowerment and Social Engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens* (S. 417–444). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20748-8_17)
- Watson, J. & Callingham, R. (2004). Statistical literacy: From idiosyncratic to critical thinking. In G. Burrill & M. Camden (Hrsg.), *Curricular development in statistics education: International Association for Statistical Education roundtable* (S. 116–162). IASE. <https://doi.org/10.52041/SRAP.04301>
- Weber-Stein, F. & Engel, J. (2021). Civic statistical literacy und politische Bildung im Informationszeitalter. In C. Deichmann & M. Partetzke (Hrsg.), *Demokratie im Stresstest: Reaktionen von Politikdidaktik und politischer Bildung* (S. 165–192). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-33077-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33077-4_10)
- Weiland, T. (2017). Problematising statistical literacy: An intersection of critical and statistical literacies. *Educational Studies in Mathematics*, 96, 33–47. <https://doi.org/10.1007/s10649-017-9764-5>
- Witte, V., Schwering, A. & Frischemeier, D. (2024). Strengthening data literacy in K-12 education: A scoping review. *Education Sciences*, 15(1), 25. <https://doi.org/10.3390/educsci15010025>
- Yates, S., Carmi, E., Lockley, E., Wessels, B. & Pawluczuk, A. (2021). *Me and My Big Data: Understanding Citizens Data Literacies – Final report*. Nuffield Foundation.
- Zapata-Cardona, L. (2018). Students' construction and use of statistical models: A socio-critical perspective. *ZDM – Mathematics Education*, 50(7), 1213–1222. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0967-8>

### **Anschrift der Verfasser:innen**

Rolf Biehler  
Universität Paderborn  
Institut für Mathematik  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
[biehler@math.upb.de](mailto:biehler@math.upb.de)

Joachim Engel  
PH Ludwigsburg  
Institut für Mathematik  
Reuteallee 46  
D-71634 Ludwigsburg  
[engel@ph-ludwigsburg.de](mailto:engel@ph-ludwigsburg.de)

Daniel Frischemeier  
Universität Münster  
Institut für grundlegende und inklusive mathematische Bildung  
Johann-Krane-Weg 39  
D-48149 Münster  
[dfrische@uni-muenster.de](mailto:dfrische@uni-muenster.de)

Susanne Podworny  
Universität Paderborn  
Institut für Mathematik  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
[podworny@math.upb.de](mailto:podworny@math.upb.de)