

Umwelterschließung meets Datenauswertung – In der Auseinandersetzung mit Klimadaten den Nutzen statistischer Kennwerte und Diagramme erkennen

UTE SPROESSER, LUDWIGSBURG; THOMAS BRÜHNE, KOBLENZ

Zusammenfassung: Die allgemeine mathematische Kompetenz „Modellieren“ verdeutlicht, dass im Mathematikunterricht Alltagsbezüge – insbesondere zur Umwelterschließung – explizit erwünscht sind. Statistische Kontexte bieten eine Vielzahl von Lerngelegenheiten für das Modellieren, da Daten immer in ihren jeweiligen Sachkontexten zu betrachten sind. In diesem Beitrag wird ein Unterrichtsvorschlag für Klasse 7 bis 9 präsentiert, bei dem sich die Schülerinnen und Schüler durch den Umgang mit online verfügbaren Daten im Kontext des Themas Klimaveränderung in die Rolle von Datendetektiven begeben können. Durch die Bearbeitung echter Probleme soll ihnen dabei der Nutzen statistischer Kennwerte und Diagramme, insbesondere von Boxplots, vermittelt werden. Dabei wird der PPDAC-Zyklus zur Strukturierung des Vorgehens genutzt und eine Verbindung von analogen und digitalen Auswertungsmöglichkeiten geschaffen.

1 Einleitung

Vor dem Hintergrund allgemeinbildender Ziele soll es der Mathematikunterricht unter anderem ermöglichen, „Erscheinungen der Welt um uns, die uns alle angehen oder angehen sollten, aus Natur, Gesellschaft und Kultur, in einer spezifischen Art wahrzunehmen und zu verstehen“ (Winter 1996, S. 35). Diese Zielsetzung bringen die KMK-Bildungsstandards (KMK 2004, 2005, 2012) insbesondere mit der allgemeinen mathematischen Kompetenz „Modellieren“ zum Ausdruck, die von der Primar- bis zur Sekundarstufe II im Mathematikunterricht entwickelt werden soll. Beim Modellieren spielt der verständige Wechsel zwischen realer Situation und Mathematik eine wesentliche Rolle (z. B. Blum und Leiß 2005) mit dem Ziel, die eigene Umwelt durch Nutzung mathematischer Mittel besser zu verstehen oder zu erklären (Blum 2007; Greefrath 2010). Vor diesem Hintergrund wird häufig bemängelt, dass im Mathematikunterricht selten Fragestellungen an die Lernenden herangebracht werden, die in der *alltäglichen Welt* von Bedeutung sind (Nicholson et al. in Druck), wodurch der Zielsetzung des Modellierens nur eingeschränkt Rechnung getragen wird.

Wild und Pfannkuch (1999) charakterisieren das Modellieren als eine grundlegende Art des Denkens in statistischen Kontexten. Dies erscheint wenig verwunderlich, da statistische Daten nicht nur Zahlen sind, sondern immer Bezug zu einem spezifischen

Sachkontext haben (Cobb und Moore 1997). Insofern spielt beim Arbeiten mit Daten neben der innermathematischen Bearbeitung (z. B. durch statistische Methoden) unter anderem das Kontextwissen eine wesentliche Rolle (Gal 2002).

Dieses Spezifikum lässt sich besonders gut im fächerübergreifenden Unterricht aufgreifen – ein Format, das im Zusammenhang mit dem Unterrichten von Statistik generelle Vorzüge bietet (Pereira-Mendoza 1993). Sinn aus Daten zu erschließen, verbindet den Erwerb von Kontextwissen sowie statistischen Kenntnissen, und ermöglicht zudem die Erfahrung der Nützlichkeit statistischer Methoden (Nicholson et al. in Druck). Insbesondere die Erlangung statistischer Kenntnisse kann hilfreich sein, um dadurch wiederum tiefere Verständnisebenen zum Sachkontext herzustellen. Im Gegenzug lässt sich mithilfe lebensbedeutsamer Kontexte zugleich die Motivation erhöhen, statistisches Wissen aufzubauen (ibid.).

Mit dem PPDAC-Zyklus liefern Wild und Pfannkuch (1999) eine Schematisierung für das Handeln und Denken während einer statistischen Untersuchung, die viele Ähnlichkeiten zum Modellierungskreislauf aufweist (Blum & Leiß 2005). In einer schülergerechten Darstellung des PPDAC-Zyklus (siehe Abbildung 1) werden die Phasen statistischer Untersuchungen im Sinne des Perspektivenwechsels als eine „Detektivarbeit“ betrachtet, bei der aussagekräftige Hinweise und Muster in Datensätzen zu suchen sind.

In der ersten Phase wird ein *Problem* identifiziert sowie eine entsprechende Frage formuliert; darüber hinaus wird der/die Lernende dazu motiviert, diese unter Rückgriff auf Daten zu bearbeiten. In der zweiten Phase soll ein konkreter *Plan* erstellt werden, der Auskunft darüber gibt, wie eine geeignete Datenerhebung aussehen kann. In Phase 3 werden die entsprechenden *Daten* erhoben und ggfs. aufbereitet. Die *Auswertung* erfolgt in Phase 4, z. B. unter Einbezug von Diagrammen oder statistischen Kennwerten. In der anschließenden *Conclusions*-Phase werden die Ergebnisse interpretiert und Schlussfolgerungen daraus abgeleitet – in dieser Phase sollen insbesondere Bezüge zur Ausgangssituation geschaffen werden.

In diesem Beitrag wird der PPDAC-Zyklus zur Strukturierung eines fächerübergreifenden Unterrichtsvor-

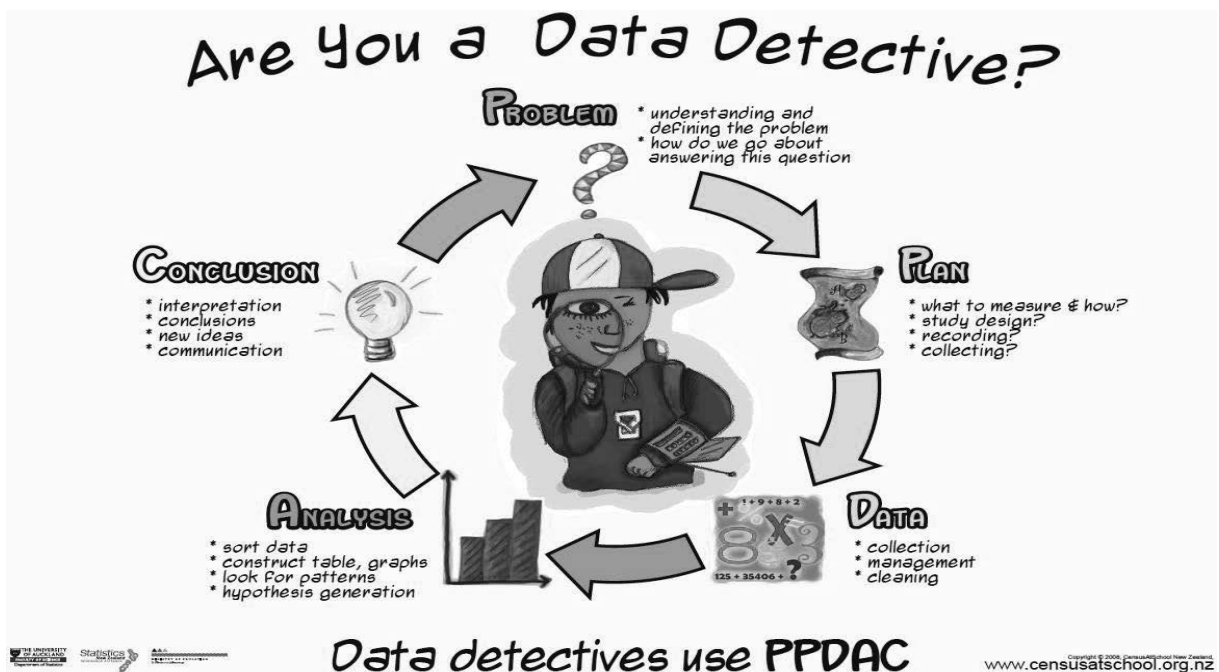


Abb. 1: Der PPDAC-Zyklus nach Wild und Pfannkuch (1999), schülergerecht illustriert im Projekt *Census at School* (<https://new.censusatschool.org.nz/wp-content/uploads/2012/11/data-detective1.pdf>, abgerufen am 21.9.2021)¹.

schlags für Klasse 7 bis 9 herangezogen. Aus Sicht der Mathematikdidaktik steht die Auswertung von Daten durch Kennwerte und Diagramme, insbesondere Boxplots, im Vordergrund. Der Geographieunterricht liefert eine reale Problemstellung. Die Betrachtung authentischer Daten verhilft den Lernenden, ein gesamtgesellschaftlich relevantes Phänomen unter Verwendung statistischer Methoden erschließen zu können. Bevor auf die unterrichtliche Umsetzung eingegangen wird, beleuchten wir die Motivation für diese Thematik aus Sicht der Geographie- und Mathematikdidaktik.

2 Motivation für die schulische Auseinandersetzung mit Klimadaten

Durch die Bewegung „Fridays for Future“ ist das Thema Klimawandel nicht nur in den Medien, sondern auch in der Alltagswelt von Schülerinnen und Schülern überaus präsent. Fragen rund um den Klimawandel haben im Kontext von schulischer Bildung in den letzten Jahren eine hohe Bedeutung erlangt. Insbesondere im Geographieunterricht sollen sich die Schülerinnen und Schüler mit Fragen des globalen Temperaturanstiegs und deren Folgen für ausgewählte Regionen der Erde näher auseinandersetzen, um diese letztlich differenziert beurteilen zu können (DGfG 2020). Dafür erfordert es die Fähigkeit und Fertigkeit des vernetzenden Denkens, was in der Geographie häufig auch als systemisches Denken bezeichnet oder der Systemkompetenz zugeordnet wird (vgl. z. B. Rempfler und Uphues 2010). Die Schülerinnen und Schüler sollen hierbei ausgewählte Aspekte der Wirk-

lichkeit – beispielsweise durch die Bearbeitung, Auswertung und Repräsentation authentischer Daten in übergeordnete geographische Strukturen, Funktionen und Prozesse – einbinden können.

Mit Blick auf den Mathematikunterricht nennen die KMK-Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss unter der Leitidee *Daten und Zufall* Daten unter Nutzung von Kenngrößen auswerten, darstellen und interpretieren (KMK 2004, S. 12). Zudem sollen Argumente basierend auf einer Datenanalyse reflektiert und bewertet werden. Im Bildungsplan der Sekundarstufe I des Landes Baden-Württemberg wird für Klasse 7/8/9 weiter konkretisiert, dass Daten auch aus Sekundärquellen entnommen, Boxplots erstellt, interpretiert und verglichen sowie die dafür benötigten Kennwerte bestimmt werden sollen (Land Baden-Württemberg 2016, S. 41f).

Diese Zielsetzungen sind durch die Auseinandersetzung mit Klimadaten sinnvoll umsetzbar, was in Abschnitt 3 näher erläutert wird. Dort wird zudem gezeigt, dass in diesem Kontext allgemeine mathematische Kompetenzen gefördert werden, beispielsweise das mathematische Kommunizieren und Argumentieren, das Verwenden von mathematischen Darstellungen, das Problemlösen und natürlich das Modellieren sowie der Einbezug technischer Elemente.

Über die eingangs skizzierten Vorteile der Verbindung von Statistik mit anderen Fächern hinaus sei aus Sicht des Mathematik- bzw. Statistikunterrichts in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, dass Schülerinnen

und Schüler gerade bei gesellschaftlich relevanten Phänomenen häufig die Rolle von Datenkonsumenten einnehmen, d. h. sie sind in die Erhebung und ggfs. auch Auswertung dieser Daten nicht involviert (Gal 2002). Dabei geraten sie häufig in die Situation, sich auf eine Interpretation Dritter verlassen zu müssen, welche aufgrund ihrer Komplexität gar nicht mehr hinterfragt oder gar überprüft werden kann.

Das kritische Hinterfragen und eine daraus resultierende kritische Haltung sind nicht nur zentraler Baustein statistischer Grundbildung und somit höchst relevant für die aktive und reflektierte Teilhabe am gesellschaftlichen Leben (ibid.), sondern auch für den Mathematikunterricht im Allgemeinen (vgl. Modellierungskreislauf nach Blum und Leiß 2007; Aussagen zum kritischen Hinterfragen finden sich zudem in den Absätzen zur Medien- und Verbraucherbildung der Bildungspläne des Landes Baden-Württemberg 2016, S. 4f) sowie vor dem Hintergrund geographischer Bildung höchst bedeutsam (DGFG 2020).

Die Themen Wetter und Klima bieten – aufgrund zahlreicher authentischer und frei zugänglicher Datensätze – großes Potential, zumal sich daraus wichtige Bezüge zur Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler herstellen lassen. Insbesondere kann hierbei erfahren werden, dass weniger das technische Erstellen von Diagrammen bzw. das algorithmische Bestimmen von Kennwerten von Bedeutung ist, sondern vielmehr die Interpretation von und Argumentation mit Daten im Sachkontext im Vordergrund stehen sollten (vgl. z. B. Krüger und Schäfer 2016).

Authentische Datensätze im Kontext von Klimadaten sind in der Regel komplex und multivariat, sodass sie in der Wissenschaft meist unter Nutzung komplizierter Verfahren ausgewertet werden. Dass auch mit den in Klasse 7/8/9 verfügbaren Möglichkeiten interessante Erkenntnisse erlangt werden können, soll mit diesem Beitrag exemplarisch aufgezeigt werden. Insbesondere erfahren die Schülerinnen und Schüler dabei, welchen Nutzen Boxplots und die darin dargestellten Kennwerte haben können.

3 Unterrichtsvorschlag zur Auseinandersetzung mit Klimadaten

Vorbemerkung

Im Kontext von Wetter- und Klimadaten sind vielfältige Aktivitäten für unterschiedlichste Zielgruppen möglich – an dieser Stelle sei exemplarisch auf den Artikel von Krüger und Schäfer (2016) sowie den Beitrag von Guimarães et al. (in Druck) verwiesen. Im vorliegenden Unterrichtsvorschlag steht die Da-

ten-Auswertung mit Hilfe von Boxplots bzw. den dazugehörigen Kennwerten im Mittelpunkt möglicher didaktischer Zugänge.

Dies wurde ausgewählt, da in einigen verbreiteten Schulbüchern wie Schnittpunkt Mathematik Klasse 8 (Backhaus et al. 2017) oder Lambacher Schweizer Klasse 7 (Freudigmann et al. 2016) Median, Quartile und Boxplots in kleinen, überschaubaren Datensätzen eingeführt und genutzt werden, und dabei die besonderen Vorzüge (z. B. übersichtliche Darstellung einer Verteilung, Verbindung von Lage- und Streuparametern, Rückbezug auf robuste Kennwerte, auch in großen Datensätzen ökonomisch erstellbar) nicht ausreichend zur Geltung kommen. Die Nutzung von Boxplots in großen Datensätzen, ggfs. auch unter Einbezug digitaler Werkzeuge, könnte hierbei vermutlich dazu beitragen, die in der Praxis häufig wahrgenommene defensive Haltung von Schülerinnen und Schülern sowie Studierenden und Lehrkräften zu überwinden und gleichzeitig das Potential dieser Darstellung aufzuzeigen.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass Quartile, Median und Boxplot bereits eingeführt sind und zur Auswertung von Klimadaten genutzt werden können. Natürlich können diese in diesem Zusammenhang auch thematisch eingeführt werden, was jedoch eine leichte Umstrukturierung voraussetzen würde. Auch wenn ein inhaltlicher Fokus auf diesen Kennwerten bzw. dem Boxplot liegt, sollen doch alle oben genannten Intentionen bei der Auseinandersetzung mit Klimadaten verfolgt werden. Die folgenden Ausführungen sind in Form eines schematischen Unterrichtsverlaufs im Anhang zusammengefasst.

Einstieg in die Stunde: PPDAC

In der ersten Phase des PPDAC-Zyklus steht zunächst das an die Schülerinnen und Schüler herangetragene *Problem*, also die Ausgangssituation, im Vordergrund. Dieses muss verstanden und strukturiert werden, so dass es im weiteren Verlauf durch statistische Methoden bearbeitet werden kann. Im Falle der Klimaveränderung ist das Problem zugegebenermaßen so komplex, dass die Lehrkraft durch gezielte Fragen und Impulse eine Vorstrukturierung bzw. Fokussierung anbieten sollte. Eine Veranschaulichung kann beispielweise durch das Heranziehen von Fotos über mögliche Auswirkungen infolge globaler Klimaerwärmung erfolgen. Mit diesem visuellen Impuls sollen zugleich das Vorwissen reaktiviert und erste Gesprächsanlässe im Plenum initiiert werden. Ausgehend von einem eher offenen Kommunikationsaustausch kann die Lehrkraft folgende exemplarische Leitfragen zur Diskussion stellen:

- Inwieweit sind wir in Deutschland von möglichen Folgen des Klimawandels betroffen?
- Wie könnten wir mögliche Veränderungen des Klimas nachvollziehen, ohne uns auf die Dateninterpretation Dritter verlassen zu müssen?
- Welche Daten sind hilfreich? Aus welchen Quellen können wir Daten zum Klimawandel heranziehen? Schätzen wir diese als vertrauenswürdig ein?

Auf der Grundlage dieser Leitfragen soll insbesondere das kritische Hinterfragen angesprochen werden, denn die Schülerinnen und Schüler machen sich Gedanken dazu, inwieweit z. B. die Berichterstattung aus den Medien zu eigenen Erfahrungen passt, welche Möglichkeiten der Überprüfung ihnen zur Verfügung stehen oder auch inwieweit konkrete Medien sowie Datenquellen als vertrauenswürdig eingestuft werden können.

Bezugnehmend auf bzw. ergänzend zu den Schüleräußerungen kann problematisiert werden, was Klimaveränderungen von Wetterschwankungen unterscheidet. Hierzu kann eine Definition der Weltorganisation für Meteorologie (WMO – World Meteorological Organization) herangezogen werden, nach der das Klima in mindestens 30-Jahres-Zyklen betrachtet und damit zugleich eine bewusste Abgrenzung zu den Begriffen Witterung und Wetter geschaffen wird. Eine mögliche zu erarbeitende begriffliche Übersicht für die Lernenden ist Abbildung 2 zu entnehmen.

Wetter	Witterung	Klima
Augenblicklicher Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort (wenige Stunden bis zu einem Tag)	Zusammenhängender typischer Ablauf („Charakter“) des Wetters (einige Tage bis mehrere Wochen)	Über längeren Zeitraum dokumentierte und gemittelte Werte in einer abgrenzbaren Region (mind. 30 Jahre)

Abb. 2: Abgrenzung von Wetter, Witterung und Klima.

Am Ende dieser Phase sollte eine zu bearbeitende Fragestellung (z. B. „Inwieweit macht sich der Klimawandel in Stuttgart/... bemerkbar?“) sowie das diesbezügliche weitere Vorgehen formuliert werden. In diesem Unterrichtsvorschlag gestaltet sich dies wie folgt: Die Schülerinnen und Schüler analysieren auf Grundlage frei verfügbarer, als vertrauenswürdig eingeschätzter Daten, inwieweit Hinweise auf die Klimaveränderung nachvollzogen werden können. Diese Problemstellung bietet vielfältige Möglichkeiten, Daten zu explorieren, zu untersuchen und daraus interessante Rückschlüsse zu ziehen, was beispielsweise Nicholson et al. (in Druck) als ein überaus bedeutsames Kriterium für die Auswahl einer Thematik/Fragestellung anführen.

Planung und Vorbereitung der Datenanalyse: PPDAC

In den Phasen *Plan* und *Daten* des PPDAC-Zyklus geht es darum, das weitere Vorgehen zu planen und insbesondere für die Problemstellung relevante Daten zu identifizieren, zu beschaffen und ggfs. aufzubereiten. Ausgehend von der oben beschriebenen ersten Unterrichtsphase werden die bereits kommunizierten Ideen aufgegriffen und weiterentwickelt. Die meisten Schülerinnen und Schüler werden hiermit wenig Vorerfahrungen haben, weswegen Moderation und fachliche Unterstützung durch die Lehrkraft von großer Bedeutung sind. Diese kann durch aufmerksames Zuhören, gezieltes Rückfragen oder gemeinsames Diskutieren und Reflektieren erfolgen.

Darüber hinaus kann die Lehrkraft auf hilfreiche Institutionen und Quellen für Klimadaten verweisen, wobei die Vertrauenswürdigkeit dieser – genauso wie die von Schülerinnen und Schülern genannten Ideen – zunächst reflektiert werden sollte. Klimadaten erhält man etwa über die NASA (climate.nasa.gov/), über das europäische Copernicus-Programm (climate.copernicus.eu/) oder den Deutschen Wetterdienst DWD (www.dwd.de/). Einen Überblick über diese und weitere Wetter- bzw. Klimadatensätze erhält man bei Guimarães et al. (in Druck).

Im Folgenden wird exemplarisch ein Datensatz des Deutschen Wetterdienstes herangezogen. Für viele deutsche Städte werden unter www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html?nn=16102 mehrere Wetterphänomene der letzten Jahrzehnte dokumentiert und zum Download bereitgestellt. So können hier beispielsweise Daten zu Niederschlagsmengen, Windstärken, Maximaltemperaturen oder monatlichen Durchschnittstemperaturen im Hinblick auf die Frage nach Folgen des Klimawandels in verschiedenen Städten oder Regionen in Deutschland näher analysiert werden.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass online verfügbare Daten – wie die hier genutzten – vor dem Einsatz im Unterricht häufig noch schülergerecht aufbereitet werden müssen (siehe Anhang). Selbst nach Datenaufbereitung durch die Lehrkraft könnten die Schülerinnen und Schüler durch die Menge an Information in solch komplexen, multivariaten Datensätzen in digitaler Form überfordert sein. Deshalb ist es wichtig, sich gemeinsam einen Überblick über die Datenbasis zu verschaffen und z. B. die Bedeutung der Variablen zu besprechen.

Auf dieser Grundlage kann die Detektivarbeit beginnen: Gemeinsam wird thematisiert, welche Wetterphänomene untersucht und welche Monate bzw. Zeit-

Im Anschluss stellt sich die Frage, wie diese Daten analysiert werden können, um einen Vergleich zu ermöglichen. Dabei wiederholen die Schülerinnen und Schüler, welche Möglichkeiten sie bisher kennengelernt haben, z. B. die Kennwerte Minimum, Maximum, Spannweite, arithmetisches Mittel, Median, Quartile oder Diagramme wie Säulendiagramm und Boxplot. Bei Bedarf kann die Lehrkraft weitere Methoden ergänzen bzw. deren Erläuterung in Betracht ziehen. Mit dieser Reaktivierung kann in der nächsten Phase die konkrete Auswertung beginnen.

Im PPDAC-Zyklus folgen nun die Phasen der *Auswertung* und der *Conclusions*, in denen statistische

Mit Blick auf die für das Boxplot notwendigen Kennwerte werden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, auf Grundlage von Ranglisten das Minimum, Maximum, obere und untere Quartil sowie den Median jedes Teildatensatzes zu bestimmen. Hierfür kann beispielsweise das Arbeitsblatt aus Abbildung 3 verwendet werden. In diesem Beispiel werden die Urlisten der Durchschnittstemperaturen auf dem Arbeitsblatt bereits zur Verfügung gestellt. Alternativ können die Schülerinnen und Schüler diese Daten auch aus den digitalen Datensätzen entnehmen, worauf hier aus Gründen des erhöhten Zeitbedarfs und der Unübersichtlichkeit zunächst verzichtet wurde.

Abb. 3: Arbeitsblatt zur Auswertung von Durchschnittstemperaturen (Juli).

16

im Anschluss gegenseitig kontrolliert werden. Differenzierungsmöglichkeiten können durch die Verwendung von Hilfekarten zur Bestimmung der Kennwerte oder auch die Verkleinerung der Datensätze umgesetzt werden. Darüber hinaus können leistungsstarke oder besonders schnelle Schülerinnen und Schüler ergänzend das arithmetische Mittel bestimmen (siehe Sprinteraufgabe 1, Abbildung 3). Eine weitere zusätzliche Aufgabenstellung läge in der Auswertung ergänzender Wetterelemente (z. B. Niederschlagsmenge, Durchschnittstemperatur in einem anderen Monat, ...) oder der digitalen Umsetzung der Auswertungsschritte.

Als Zwischenfazit in dieser Phase sollten die Kennwerte der beiden Datensätze zunächst einzeln verglichen und dann Muster in den Daten beschrieben werden (z. B. unter der Leitfrage: „Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten sind in den betrachteten Intervallen zu erkennen?“). Dabei sollte die Bedeutung dieser Werte bzw. des Vergleichs im Kontext angesprochen werden. Im vorliegenden Beispiel sind im Datensatz der Durchschnittstemperaturen in den Jahren 1990 bis 2019 alle betrachteten Kennwerte höher als im Datensatz von 1953 bis 1982. Bereits hier kann aus Sicht der „Detektivarbeit“ herausgestellt werden, dass der deskriptive Vergleich einzelner Kennwerte sicher nicht als Beweis für eine allgemeine Erhöhung angesehen werden kann, das gefundene Muster jedoch einige Hinweise liefert.

Zudem bietet sich an dieser Stelle ein geeigneter Übergang zum Boxplot an, mit dem die bereits bestimmten Kennwerte graphisch dargestellt werden. Eine beispielhafte Umsetzung ist Abbildung 4 zu entnehmen, wobei die abgedruckten Hilfen nur bei Bedarf zum Einsatz kommen sollten. Die Frage nach Hinweisen auf eine Klimaveränderung sollte in jedem Fall ausgiebig thematisiert werden.

Zeichnen eines Boxplots



1. Zeichne einen Ausschnitt der Zahlengerade: vom Minimum bis zum Maximum. Beschrifte diese Achse sinnvoll.
2. Markiere Minimum, Maximum, Median, unteres und oberes Quartil.
3. Zeichne ein Rechteck vom unteren zum oberen Quartil. Das nennt man die _____.
4. Verbinde Minimum und unteres Quartil sowie Maximum und oberes Quartil. Das nennt man die _____.

Kannst du in den beiden Boxplots Hinweise für eine Klimaveränderung erkennen? Begründe!

Abb. 4: Arbeitsblatt zur Erstellung eines Boxplots.

Der Vergleich der Boxplots regt dazu an, sich Gedanken zur Verteilung der Daten zu machen. Mit folgenden Leitfragen kann diese Phase unterstützt werden:

- In welchem Datensatz streuen die Daten stärker?
- Was kann man in Hinblick auf die Symmetrie der Verteilungen aussagen?
- Liegen die Werte in der Mitte der Datensätze oder in den äußeren Bereichen enger beieinander?

Diese zunächst innermathematischen Fragen sollten unbedingt auch im Kontext interpretiert und reflektiert werden, um ein inhaltsleeres und algorithmisches Vorgehen zu vermeiden. Auch wenn im Zusammenhang mit den einzelnen Arbeitsaufträgen bereits die Ergebnisse auf den Kontext bezogen wurden, wird eine zusätzliche Interpretations- und Validierungsphase empfohlen, in der auf eine Weiterarbeit hingearbeitet werden kann. Hierzu sind die Lernenden aufgefordert, ihre gesamten Ergebnisse sowie ihr Vorgehen auf die ursprüngliche Situation zu übertragen bzw. vor diesem Hintergrund zu reflektieren.

Die zu Beginn formulierte Problem- und Fragestellung (z. B. siehe oben) soll nun zusammenfassend beantwortet werden bzw. ggfs. zu weiteren Fragestellungen oder Analysen motivieren. Hierbei kann – jeweils in Bezug zum situativen Kontext – auf die Aussagekraft und Eignung einzelner Kennwerte bzw. des Boxplots, auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Verteilungen sowie auf die Bedeutung und Aussagekraft der Befunde insgesamt eingegangen werden (z. B. Fallen die Kennwertvergleiche homogen/erwartungskonform aus?).

Insbesondere sollen die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse bewerten, beispielsweise indem die untersuchten Durchschnittstemperaturen in Bezug zum internationalen Klimaschutzziel (Begrenzung der globalen Erderwärmung bis zum Jahr 2100 auf weniger als 2° C im Vergleich zu 1850) gesetzt werden. Dabei sollte verdeutlicht werden, dass durch die Auswertung von Daten nur Hinweise auf den Klimawandel sichtbar gemacht werden konnten, was durch das Untersuchen weiterer Klimadaten vertieft werden könnte.

Auch das eigene Vorgehen bei der Arbeit mit statistischen Daten sollte Teil der Reflexion sein. Den Lernenden soll bewusst werden, dass sie mittels Kennwerten und Boxplots Hinweise für ein Muster in einem komplexen Datensatz gefunden haben. Dabei muss beachtet werden, dass ein solches Muster in statistischen Daten in der Regel nicht umfassend gilt, sondern es auch Abweichungen davon gibt. Dies ist u. a. beim Vergleich der beiden Boxplots in Abbil-



Abb. 5: Screenshot der Datenauswertung mit CODAP (codap.concord.org/).

dung 5 zu erkennen: Trotz Muster (augenscheinlich können die Boxplots durch Verschiebung entlang der horizontalen Achse ungefähr ineinander überführt werden) gibt es Unterschiede bei den Boxplots selbst und den zugrundeliegenden Daten.

Insbesondere sollte festgehalten werden, dass Kennwerte und Darstellungen beim Auswerten von unübersichtlichen Datensätzen einen Überblick verschaffen können, sodass diese nicht auf dem Niveau von inhaltsleeren Verfahren verbleiben. Zudem sollte reflektiert werden, dass bei großen Datensätzen schon die Erstellung einer Rangliste deutlich aufwändiger ist als in kleinen – letzteres ist vermutlich aus der Arbeit mit dem Schulbuch bekannt. An dieser Stelle sollte auf das Potential digitaler Werkzeuge verwiesen werden, deren Nutzung sich in einer Folgestunde anbietet. Sind die notwendigen Kennwerte bestimmt (bzw. liegt die Rangliste vor), so ist die (händische) Erstellung eines Boxplots auch in großen Datensätzen einfach und zeitsparend zu bewerkstelligen – gerade im Vergleich zur Erzeugung anderer möglicher graphischer Darstellungen wie Säulendiagramme.

Dass der PPDAC-Zyklus bei der Strukturierung einer statistischen Untersuchung hilfreich ist, kann durch eine gemeinsame Metareflexion mit der Klasse festgehalten werden. In Abbildung 6 ist eine Umsetzung für die Erstellung einer Folie oder eines Plakats dargestellt. Zu guter Letzt kann den Lernenden in diesem Zusammenhang vergegenwärtigt werden, dass Daten nicht nur Zahlen sind, sondern immer einen Sachkontext haben, der Ergebnissen Sinn verleiht und demnach unbedingt berücksichtigt werden sollte.

Ausblick auf die Weiterarbeit

Der skizzierte Unterrichtsvorschlag ist für eine bis zwei Unterrichtsstunden konzipiert. In einer Folgestunde bietet sich eine Vertiefung unter Nutzung digitaler Werkzeuge an.

Hierfür können beispielsweise andere Wetterelemente bzw. Monate untersucht werden, die im bisher verwendeten Datensatz verfügbar sind. Dadurch können die bisherigen Ergebnisse bestätigt oder auch relativiert sowie daraus fächerübergreifende Zusammenhänge und Erkenntnisse erschlossen werden. Insbesondere unterstützt die Betrachtung weiterer Variablen die Einschätzung, dass bei der Analyse authentischer Daten (inklusive Planung und Reflexion) echte Detektivarbeit gefragt ist, um Muster in den Daten überhaupt erst zu erkennen. Hierbei geht es weniger darum, bestimmte Ergebnisse zu reproduzieren, die der Lehrkraft längst bekannt sind oder im Lösungsbuch vorliegen, sondern vielmehr darum, echte Einsichten aus authentischen Daten zu generieren.

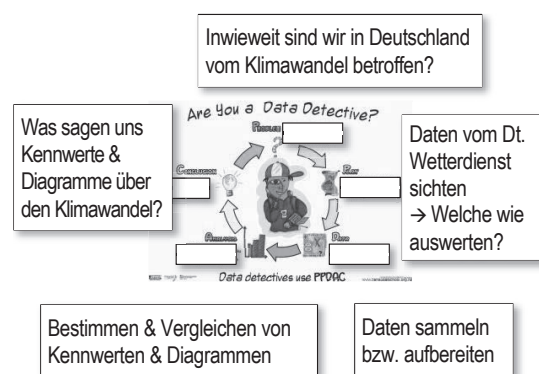


Abb. 6: Mögliche Ausgestaltung des PPDAC-Zyklus für das Klimawandel-Beispiel (vgl. Abb. 1').

Mithilfe digitaler Werkzeuge und der Analyse weiterer Variablen können die bereits thematisierten Auswertungsschritte zielgerichtet wiederholt oder auch weitere Explorationen vorgenommen werden. Als digitales Werkzeug kann beispielsweise ein Tabellenkalkulationsprogramm wie Excel verwendet werden, mit dem per Mausklick Urlisten geordnet, Kennwerte gebildet und Darstellungen erzeugt werden können. An dieser Stelle ist ergänzend auf das kostenlose Programm CODAP (codap.concord.org/) zu verweisen, mit dem Daten direkt im Browser intuitiv ausgewertet und dargestellt werden können.

Die Datensätze sollten im Vorfeld durch die Lehrkraft aufbereitet werden (siehe Anhang). Unter t1p.de/Spr-Projects stehen ein Kurzvideo zur Datenaufbereitung sowie aufbereitete Datensätze mit Klimadaten aus Stuttgart zur Verfügung. Abbildung 5 zeigt, wie in CODAP Boxplots für die beiden „Gruppen“ eines Klimadatensatzes erzeugt werden.

4 Arbeiten mit authentischen Daten im Mathematikunterricht – ein Fazit

Mit diesem Unterrichtsvorschlag sollte beispielhaft aufgezeigt werden, wie Schülerinnen und Schüler durch den Umgang mit und die Analyse von Open Data gesellschaftlich relevante Phänomene der Umwelt erschließen können. Aus Sicht des Mathematikunterrichts werden neben zahlreichen allgemeinen mathematischen Kompetenzen insbesondere Ziele der Leitidee Daten und Zufall der KMK-Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK 2004, 2012; vgl. auch Land Baden-Württemberg 2016) adressiert. Darunter sind Erfassen, Darstellen und Auswerten von Daten, auch unter Verwendung von Software, Interpretieren von Daten, z. B. durch Kennwerte, und insbesondere Reflektieren und Bewerten von Argumenten auf Grundlage einer Datenanalyse zu nennen.

Hierfür eignet sich die Arbeit mit authentischen und oftmals komplex wirkenden Datensätzen besonders, da statistische Begriffe und Verfahren nicht nur gelernt und angewendet werden, sondern auch ihr Nutzen verdeutlicht wird und sie somit nicht auf einer inhaltsleeren Verständnisebene verbleiben. Zudem werden Schülerinnen und Schüler auf diesem Weg auf eine datenreiche Welt vorbereitet, in der häufig auf Grundlage von Daten Bedeutungen zu erschließen und Entscheidungen zu treffen sind.

Mit dem PPDAC-Zyklus lernen die Schülerinnen und Schüler zudem eine Methode des empirischen Erkenntnisgewinns kennen, durch die einerseits die Datenanalyse als eine Suche nach Mustern im Sinne einer Detektivarbeit wahrgenommen und anderer-

seits das kritische Hinterfragen bzw. Bewerten statistischer Information gefördert werden kann (Gal 2002; Wild und Pfannkuch 1999).

Aus Sicht des Geographieunterrichts wird insbesondere das vernetzende Denken im Kontext möglicher Klimaveränderungen gefördert, womit die Auswirkungen des Klimawandels nachvollziehbarer erschlossen werden können (DGFG 2020). Durch die Verbindung der beiden Fächer Mathematik und Geographie arbeiten die Lernenden in einem thematisch bedingten Kontext, der in der *alltäglichen Welt* von gesellschaftlicher Bedeutung ist, was nicht nur die Motivation erhöhen kann, sondern auch zum Erwerb vertiefter (fachspezifischer) Erkenntnisse beitragen mag (Nicholson et al. in Druck). Ergänzend zu den bereits genannten Intentionen wird ein Beitrag zur Medienbildung geleistet, wenn Schülerinnen und Schüler die Glaubwürdigkeit von Quellen bewerten bzw. digitale Werkzeuge zur Datenanalyse einsetzen (z. B. Land Baden-Württemberg 2016). Nicht zuletzt werden Medienkompetenz, kritisches Denken oder auch quantitatives Schließen von der OECD (2018) als zentrale Kompetenzen des 21. Jahrhunderts benannt.

Neben den genannten Potentialen soll abschließend auch auf kritische Aspekte eingegangen werden. So haben viele Lehrkräfte Bedenken, dass sie nicht über ausreichend Expertise, Zeit, Unterstützung oder Ressourcen für fächerübergreifenden Unterricht verfügen (Johnston und Berglund 2018; Weinberg und McMeekeing 2017). Diese Bedenken ließen sich in vielen Fällen durch Kooperationen oder Team-Teaching lösen, die noch vielfältige weitere Vorteile bieten. Ein weiterer Stolperstein mag darin begründet liegen, dass viele Mathematiklehrkräfte nicht gut auf Unterrichten von Statistik vorbereitet sind und sich auch im Allgemeinen unwohl fühlen, wenn es in Unterrichtssituationen keine eindeutige Methode oder richtige Antwort gibt (Batanero et al. 2011; Engel et al. 2016). Damit dies nicht zum Hinderungsgrund für die Arbeit mit authentischen Daten wird, kann es hilfreich sein, wenn sich Lehrkräfte selbst in die Rolle eines Lernenden versetzen und stets offen für lebenslange Weiterbildungsaktivitäten bleiben. Auch hierfür bieten Kooperationen im Kollegium wie gegenseitiges Hospitieren oder das Bilden von kollegialen Fortbildungsteams vielfältiges Potential.

Gerade die Arbeit mit online verfügbaren Daten und digitalen Werkzeugen kann sehr aufwändig in der Vorbereitung sein (z. B. Datenaufbereitung) und kann bei der Durchführung vielfältige Probleme mit sich bringen (z. B. unerwartete Softwareupdates). Mit einer sorgfältigen Vorbereitung und ein wenig Gelassenheit sowie Offenheit für Neues lässt sich

dies überwinden, sodass die Schülerinnen und Schüler von einem schülerzentrierten Unterricht profitieren und die Lehrkräfte Verantwortung abgeben können (vgl. Weigand und Weth 2002).

Insgesamt erscheint der Umgang mit Open Data unter Verwendung digitaler Werkzeuge auch für Lehrkräfte inhaltlich wie auch methodisch spannend, da vielfältige Möglichkeiten der Auswertung und Darstellung von Daten bestehen und damit einhergehend neue Erkenntnisse ans („detektivische“) Licht gebracht werden können.

Anmerkung

- 1 Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Census at School (www.censusatschool.org.nz).

Literatur

- Backhaus, M.; Bernhard, I.; Fechner, G.; Malzacher, W.; Stöckle, C.; Straub, T.; Wellstein, H. (2017): Schnittpunkt Mathematik 8. Differenzierende Ausgabe. Stuttgart: Klett.
- Batanero, C.; Burrill, G.; Reading, C. (2011): Overview: Challenges for teaching statistics in school mathematics and preparing mathematics teachers. In: Batanero, C.; Burrill, G.; Reading, C. (Hrsg.): Teaching statistics in school mathematics – Challenges for teaching and teacher education (S. 407–418). Heidelberg: Springer. doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0
- Cobb, G.W.; Moore, D. S. (1997): Mathematics, statistics, and teaching. In: *The American Mathematical Monthly*, 104(9), S. 801–823.
- Blum, W. (2007): Mathematisches Modellieren – zu schwer für Schüler und Lehrer? In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2007* (S. 3–12). Hildesheim: Franzbecker.
- Blum, W.; Leiß, D. (2005): Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. In: *mathematik lehren* 128, S. 18–21.
- DGfG (2020): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Geographie. geographie.de/wp-content/uploads/2020/09/Bildungsstandards_Geographie_2020_Web.pdf
- Engel, J.; Gal, I.; Ridgway, J. (2016, Juli): *Mathematical literacy and citizen engagement: The role of Civic Statistics*. 13th International Conference on Mathematical Education, Hamburg.
- Freudigmann, H.; Haug, F.; Rauscher, M.; Sandmann, R.; Schatz, T.; Zmaila, A. (2016): Lambacher Schweitzer 7. Mathematik für Gymnasien. Stuttgart: Klett.
- Gal, I. (2002): Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities (with discussion and response of the author). In: *International Statistical Review* 70(1), S. 1–51.
- Guimarães, N.; Vehkalahti, K.; Campos, P.; Engel, J. (in Druck): Exploring climate change data with R. In: J. Ridgway (Hrsg.): Statistics for empowerment and social engagement: Teaching Civic Statistics to develop informed citizens. Berlin: Springer.
- Johnston, W. R.; Berglund, T. (2018): The prevalence of collaboration among American teachers: National findings from the American teacher panel. Santa Monica, CA: RAND Corporation. doi.org/10.7249/RR2217
- KMK (2004): Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- KMK (2005): Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. München: Luchterhand.
- KMK (2012): Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife. Bonn: Wolters Kluwer.
- Krüger, K.; Schäfer, A. (2016). Analyse von Wetter- und Klimadaten im Stochastikunterricht der Sekundarstufe I. In: *Stochastik in der Schule* 36(2), S. 2–9.
- Land Baden-Württemberg (2016): Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I. Stuttgart: Neckar-Verlag.
- Nicholson, J.; Engel, J.; Louie, J. (in Druck): 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. Berlin: Springer.
- OECD (2018): The future of education and skills. Education 2030: The future we want. [www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- Pereira-Mendoza, L. (Hrsg.) (1993): Introducing data analysis in schools: Who should teach it and how? Proceedings of the International Statistics Institute Round Table Conference. Voorburg: International Statistical Institute.
- Rempfler, A.; Uphues, R. (2010): Sozialökologisches Systemverständnis. Grundlage für die Modellierung von geographischer Systemkompetenz. In: *Geographie und ihre Didaktik* 38(4), S. 205–217.
- Weigand, H.-G.; Weth, T. (2002): Computer im Mathematikunterricht – Neue Wege zu alten Zielen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Weinberg, A. E.; McMeeking, L. B. S. (2017): Toward meaningful interdisciplinary education: High school teachers' views of mathematics and science integration. In: *School Science and Mathematics* 117(5), 204–213. doi.org/10.1111/ssm.12224
- Wild, C. J.; Pfannkuch, M. (1999): Statistical thinking in empirical enquiry (with discussion and response from the authors). In: *International Statistical Review* 67(3), S. 223–265.
- Winter, H. (1996): Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. In: *Mitteilungen der DMV* 2, S. 35–41. doi.org/10.1515/dmvm-1996-0214

Anschrift der Verfasser

Ute Sproesser
Institut für Mathematik und Informatik
PH Ludwigsburg
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Ute.sproesser@ph-ludwigsburg.de

Thomas Brühne
Institut für Integrierte Naturwissenschaften
Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz
Universitätsstraße 1
56070 Koblenz
bruehne@uni-koblenz.de

Anhang

Im Folgenden gibt es exemplarisch Hinweise für eine mögliche Aufbereitung. Unter t1p.de/Spr-Projects werden zudem ein Kurzvideo zur Datenaufbereitung sowie Dateien in den Formaten .xlsx, .csv, .txt und .codap für den Unterrichtseinsatz zur Verfügung gestellt.

Exemplarische Schritte bei der Aufbereitung der beim DWD verfügbaren Klimadaten für die Software CODAP

- Rufen Sie das Archiv des Deutschen Wetterdienstes auf und wählen Sie Station, Zeitraum (z. B. Monat) und zeitliche Auflösung (z. B. historisch) aus über: www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html?nn=16102
- Speichern Sie aus dem gezippten Download-Ordner insbesondere die .txt-Datei „produkt_klima...“
- Öffnen Sie eine leere/neue Excel-Datei, gehen Sie auf Datei – Öffnen (– Durchsuchen) → Speicherort der .txt-Datei angeben und Datei-Art „alle Dateien“ wählen → gewünschte Datei auswählen
- Assistent öffnet sich, um Datensatz zu konvertieren; wählen Sie aus: Dateityp: Getrennt; Trennzeichen: Semikolon; Erweitert: Dezimaltrennzeichen Punkt, kein 1000er-Trennzeichen → als Exceldatei abspeichern (Endung .xlsx).
- Bearbeiten Sie die Exceldatei so, wie es sich für Ihre Fragestellung anbietet (z. B. Variablen löschen/einfügen; Variablennamen umbenennen, ...). Speichern Sie diese Datei nun als .xlsx-, .csv- und/oder .txt-Datei ab. Die letztgenannten Dateien können Sie anschließend in CODAP einlesen.
- Rufen Sie CODAP auf und öffnen Sie die aufbereitete Datei: codap.concord.org/ → Klick auf „Launch CODAP“ – Neues Dokument erstellen → .txt- oder .csv-Datei per drag and drop in CODAP ziehen
- Bestimmen Sie nun Kennwerte oder erzeugen Sie graphische Darstellungen (z. B. Boxplots). Ggfs. muss man nach Klick auf ein Merkmal dessen Skalenniveau ändern („Eigenschaften des Merkmals bearbeiten“).
- Ein Link zu einer beispielhaften codap-Datei finden Sie hier: t1p.de/Spr-Projects

Hinweis: Falls Excel trotz dieser Einstellungen als Dezimaltrennzeichen „Komma“ verwendet und dies auch unter Optionen nicht anpassbar ist (beim Öffnen eines Datensatzes in Excel links unten Optionen – Erweitert → Haken entfernen bei „Trennzeichen vom Betriebssystem übernehmen“ und Dezimal- bzw. Tausendertrennzeichen manuell ändern), kann man in Excel oder im Editor vor der Weiterarbeit in CODAP „Kommata“ durch „Punkte“ ersetzen.

Zeit	Geplante Aktivitäten
15 min	Einstieg (PPDAC-Cycle) • Fotos zu möglichen Folgen des Klimawandels → Austausch. • Problematisierung: ➤ Inwieweit macht sich die Klimaveränderung bei uns bemerkbar? ➤ Wie könnten wir das überprüfen, ohne uns auf Interpretationen Dritter verlassen zu müssen? ➤ Überlegungen zur Datengrundlage.
15 min	Planung Datenanalyse (PPDAC-Cycle) • Gemeinsame Ideenentwicklung zur Datengrundlage. • Ggfs. Einblick in & Diskussion eines bereits aufbereiteten Datensatzes. • Abstimmung weiteres Vorgehen: ➤ Begründete Auswahl der zu untersuchenden Variable(n), Monate und Zeiträume. ➤ Diskussion von Möglichkeiten zur Überblicksgenerierung → Wiederholung verfügbarer Kennwerte & Diagramme.
20 min 10 min	Datenanalyse und -interpretation (PPDAC-Cycle) • Händische Auswertung der gewählten Klimaparameter → Besprechung & Reflexion der Kennwerte im Kontext. • Erstellung Boxplot → Besprechung & Reflexion der Kennziffern des Boxplots im Kontext. • Diskussion, Interpretation, Reflexion, insbesondere Beantwortung der Fragestellung; Reflexion des Vorgehens.
	Vorschläge für die Weiterarbeit • Untersuchung weiterer Klimaparameter mit digitalen Werkzeugen (z.B. Excel, CODAP) → Vorteile: Nutzung digital verfügbarer Daten; Ökonomische Auswertung großer Datenmengen; Geringer Aufwand für Explorationen.

Abb. 7: Schematischer Unterrichtsverlauf.