

# Statistical Literacy & Data Literacy – Grundbildung im Umgang mit empirischen Daten

Cornelia Stiller<sup>1,\*,#</sup>, Tobias Allmers<sup>2,#</sup>,  
Andreas Stockey<sup>3</sup> & Matthias Wilde<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Bielefeld

<sup>2</sup> Kreisgymnasium St. Ursula Haselünne

<sup>3</sup> Oberstufen-Kolleg Bielefeld

# geteilte Erstautor\*innenschaft

\* Kontakt: Universität Bielefeld,

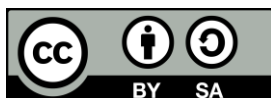
Biologiedidaktik – Zoologie und Humanbiologie,

Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld

[cornelia.stiller@uni-bielefeld.de](mailto:cornelia.stiller@uni-bielefeld.de)

**Zusammenfassung:** Bereits in der Schule ist es notwendig, ein Verständnis von wissenschaftlichen Forschungsprozessen und dem Zustandekommen der daraus resultierenden Befunde, Schlüsse und Darstellungen zu fördern, um Schüler\*innen so auf einen kompetenten Umgang mit Informationen im Alltag vorzubereiten. In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, wie diese Förderung im Rahmen eines Naturwissenschaftskurses für die Eingangsphase der Oberstufe erfolgen kann.

**Schlagwörter:** Data Literacy, Statistical Literacy, Curriculum



## 1 Einleitung

Scientific Literacy soll Schüler\*innen u.a. dazu befähigen, mit wissenschaftlichen Befunden umgehen und argumentieren zu können (vgl. OECD, 2013, S. 114), um sie als zukünftige Bürger\*innen an wissenschaftlichen Diskursen teilhaben zu lassen und es ihnen zu ermöglichen, fundierte gesellschaftliche und persönliche Entscheidungen zu treffen (vgl. OECD, 2013, S. 114). Von der Kultusministerkonferenz (KMK, 2005a, 2005b, 2005c) wird für die naturwissenschaftlichen Fächer eine reflexive Auseinandersetzung mit in der Öffentlichkeit angebotenen Informationen gefordert, die es Schüler\*innen ermöglicht, unter Berücksichtigung dieser Informationen Entscheidungen zu treffen. Grundlage für solche Entscheidungsprozesse und Diskussionen sind häufig Medienberichte, in denen wissenschaftliche Befunde in der Regel verkürzt dargestellt werden (Till, 2014). Ein konstruktiver, sinnvoller Umgang mit Medienberichten oder generell Informationen, mit denen Schüler\*innen und auch Erwachsene im alltäglichen Leben konfrontiert werden, erfordert ein Verständnis der wissenschaftlichen Befunde und der jeweiligen Entstehungsprozesse. Wenn eine Verbindung von Datenanalyse und Wahrscheinlichkeitsrechnung gelingt, kann mit Meinungsäußerungen in der Presse, die oftmals durch statistische Daten gestützt werden, sachgerecht und angemessen umgegangen werden (vgl. Eichler & Vogel, 2013, S. IX). Im Sinne einer Allgemeinbildung scheint demnach ein vernünftiger, kompetenter Umgang mit Statistiken unumgänglich zu sein (Elschenbroich, 2010). Das bedeutet, dass zu der geforderten Kritikfähigkeit auch die Fähigkeit gehört, die Planung und die Erhebung statistischer Daten beurteilen zu können (vgl. Eichler & Vogel, 2013, S. 17). Diese Kompetenz können sich Schüler\*innen aneignen, indem sie selbst Erhebungen planen und durchführen (vgl. Eichler & Vogel, 2013, S. 17). Insbesondere sollte dabei der Aspekt Beachtung finden, wie angemessene Schlussfolgerungen aus Daten gezogen und darauf aufbauend Entscheidungen getroffen werden können (Halpern, 2000). Mit der Leitidee „Daten und Zufall“ ist für den Mathematikunterricht ein Umdenken weg von der reinen Wahrscheinlichkeitsrechnung hin zur Datenanalyse zu beobachten (vgl. Eichler & Vogel, 2013, S. X–XI). Die statistische Datengewinnung, -auswertung und -interpretation gewinnt demnach deutlich an Bedeutung, sollte allerdings nicht auf den Mathematikunterricht beschränkt bleiben. Die dafür notwendigen Kompetenzen können besonders im naturwissenschaftlichen Unterricht geschult werden, da das Sammeln und Interpretieren von Daten dort zum üblichen Unterrichtsgeschehen gehört (vgl. Bowen & Bartley, 2014, S. IX). Bei der Entwicklung des „Basiskurs Naturwissenschaften“ wurde aus diesen Gründen der Fokus nicht nur auf die einzelnen Schritte des Experimentierens (vgl. Stockey, Stiller, Hahn & Wilde, 2020) gelegt, sondern ebenso eine Kompetenzentwicklung der Schüler\*innen in Data Literacy durchgehend mitgeplant.

Das übergreifende Konzept dieses Kurses wird im Beitrag „Das Konzept des fächerübergreifenden ‚Basiskurs Naturwissenschaften‘ und seine didaktisch-methodischen Prinzipien“ in diesem PFLB-Heft (1/2020, 126–143) vorgestellt. Im Themenheft der PFLB „Der Basiskurs Naturwissenschaften am Oberstufen-Kolleg Bielefeld“ (Wilde, Stiller & Stockey, 2020) werden die einzelnen Unterrichtseinheiten des Kurses ausführlich beschrieben und auch bezüglich der Data Literacy konkretisiert.

## 2 Statistical Literacy und Data Literacy

Zur Beschreibung der Kompetenzen, die sich mit dem Umgang mit Daten beschäftigen, findet man die Begriffe „Data Literacy“ und „Statistical Literacy“.

### 2.1 Statistical Literacy

Nach Gal (2002) beinhaltet Statistical Literacy fünf Wissensdimensionen – (1) Literacy-Fähigkeiten, (2) statistisches Wissen, (3) mathematisches Wissen, (4) Kontextwissen, (5) kritische Reflexionsfähigkeit – sowie zwei dispositionale Dimensionen – (1) Überzeugungen und Einstellungen, (2) kritische Haltung –, die sich überlappen und voneinander nicht unabhängig sind (vgl. Abb. 1 auf der folgenden Seite).

Die Literacy-Fähigkeiten, als eine der Wissensdimensionen, umfassen im Sinne des Literacy-Konzeptes ein Verständnis für geschriebene, gesprochene oder in Tabellen oder graphischen Abbildungen verpackte Informationen. Beim statistischen Wissen unterscheidet Gal (2002) fünf Aspekte. Dazu zählen (1) Wissen darüber, warum Daten gebraucht und wie diese produziert werden (Wissen über Daten), (2) eine Vertrautheit im Umgang mit den grundlegenden Begriffen und Ideen der deskriptiven Statistik (Wissen über deskriptive Statistik), (3) eine Vertrautheit im Umgang mit den grundlegenden Begriffen und Ideen graphischer und tabellarischer Darstellungen (Wissen über die Darstellung von Daten), (4) ein grundlegendes Verständnis des Wahrscheinlichkeitsbegriffs (Wissen über Wahrscheinlichkeit) und (5) Wissen darüber, wie statistische Schlüsse gezogen werden (Wissen über Inferenzstatistik). Das mathematische Wissen umfasst grundlegende mathematische Operationen, wobei es insbesondere darum geht, ein Verständnis dafür zu entwickeln, was die Rechenoperationen bedeuten, um somit Werte kritisch beurteilen zu können. Im Sinne des Literacy-Konzeptes wird Kontextwissen, als weitere Dimension von Statistical Literacy, als essentieller Bestandteil angesehen. In Bezug auf Statistical Literacy bedeutet dies, dass eine angemessene Interpretation von statistischen Informationen von der Einbettung in einen Kontext und von der Nutzung des vorhandenen Wissens abhängt. Eine weitere Wissensdimension bezieht sich auf die Reflexionsfähigkeit (Gal, 2002). In den Medien werden Schüler\*innen mit Informationen konfrontiert, die durch politische, wirtschaftliche oder andere Interessen und durch Bedürfnisse und Ziele der jeweiligen Akteure (Journalist\*innen, Politiker\*innen, Geschäftsleute etc.) beeinflusst sind (Gal, 2002). Um mit diesen verzerrten Berichten adäquat umgehen zu können, bedarf es Fähigkeiten, die es den Schüler\*innen erlauben, die Gültigkeit der Informationen und die Glaubwürdigkeit der Belege, die die präsentierten Schlussfolgerungen stützen, zu hinterfragen. Auf der dispositionalen Ebene gehören zu einer Statistical Literacy zum einen eine kritische Grundhaltung, die Schüler\*innen dabei unterstützt, sich prinzipiell mit ihnen angebotenen Informationen kritisch auseinanderzusetzen. Zum anderen spielen für eine sophistizierte Statistical Literacy auch Überzeugungen und Einstellungen eine bedeutende Rolle. Das bedeutet, dass Schüler\*innen sich selbst als kompetent im statistischen Schlussfolgern wahrnehmen müssen, bereit sein müssen, in statistischen Zusammenhängen zu denken, und verstanden haben, dass gut geplante Untersuchungen im Gegensatz zu anekdotischen Daten und persönlichen Erfahrungen zu valideren Schlussfolgerungen führen (Gal, 2002).

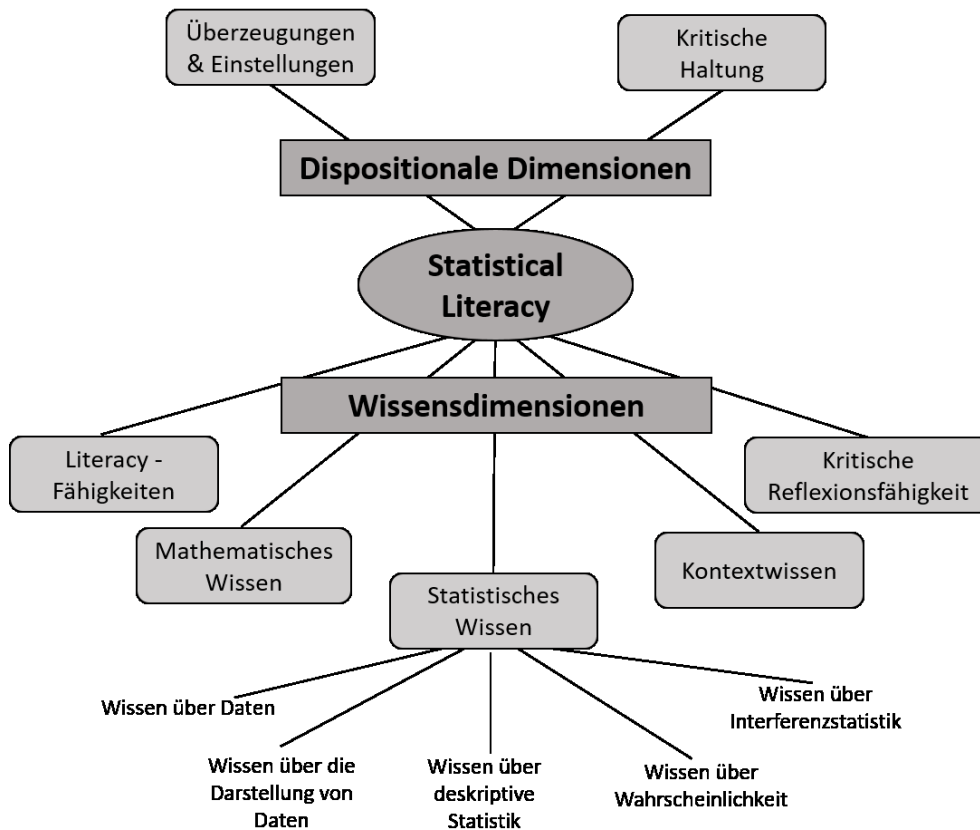


Abbildung 1: Übersicht über die Dimensionen der Statistical Literacy nach Gal (2002) (eigene Darstellung)

## 2.2 Data Literacy

Data Literacy „umfasst die Fähigkeiten, Daten auf kritische Art und Weise zu sammeln, zu managen, zu bewerten und anzuwenden“ (Schüller, Busch & Hindinger, 2019, S. 10). Wolff (2017) definiert Data Literacy als eine Fähigkeit, alltägliche Fragen zu stellen und diese auf Grundlage von kleinen und großen Datensammlungen durch einen Forschungsprozess unter Berücksichtigung eines ethischen Umgangs mit diesen Daten zu beantworten. In ihrer Definition von Data Literacy werden „Fähigkeiten des Auswählens, Bereinigens, Analysierens, Visualisierens, Kritisierens und Interpretierens von Daten sowie Fähigkeiten zur Kommunikation von Geschichten aus Daten und der Nutzung von Daten als Teil eines Konstruktionsprozesses“ subsummiert (Wolff, 2017). In der Konzeption von Frank, Walker, Attard & Tygel (2016) wird Data Literacy in kognitive und soziale Fähigkeiten unterschieden. Die kognitiven Fähigkeiten entsprechen dabei den Fähigkeiten, die auch in der Definition von Wolff (2017) benannt sind und sich auf das Sammeln, Auswählen, Bereinigen, Analysieren, Interpretieren, Kritisieren, Visualisieren und Teilen von Daten beziehen. Im Gegensatz zu Wolff (2017) betonen Frank et al. (2016) darüber hinaus die sozialen Fähigkeiten, die auf der einen Seite das Vertrauen darauf beinhalten, dass Daten Quellen von Informationen sind, und auf der anderen Seite einen gewissen Grad an Skeptizismus präsentierten Daten gegenüber einschließen. Diese sozialen Fähigkeiten weisen Parallelen zu Gals (2002) dispositionalen Dimensionen von Statistical Literacy auf.

Prado und Marzal (2013) unterscheiden in ihrem Referenzrahmen fünf Dimensionen für Kompetenzen der Data Literacy: (1) Daten verstehen, (2) Daten gewinnen, (3) Daten lesen, interpretieren und auswerten, (4) Daten managen und (5) Daten nutzen (vgl. Abb. 2 auf der folgenden Seite). Die Dimension *Daten verstehen* beinhaltet zum einen

ein Verständnis darüber, was Daten sind und welche Arten von Daten es gibt, sowie ein Verständnis darüber, welche Rolle Daten in der Gesellschaft einnehmen, wie und von wem diese erhoben werden, wie sie angewendet werden (können) und welche Bedeutung ihre Verwendung hat (Prado & Marzal, 2013). Unter *Daten gewinnen* werden Kompetenzen subsummiert, die sich darauf beziehen, dass Lernende verschiedene Möglichkeiten der Quellen von Daten kennen, diese bewerten können und die für ihre Fragestellung relevanten Quellen auswählen bzw. wissen, welche Forschungsmethoden sie anwenden können, um selbst Originaldaten zu gewinnen (Prado & Marzal, 2013). *Daten lesen, interpretieren und auswerten* umfasst eine Vorstellung darüber, welche verschiedenen Möglichkeiten es gibt, Daten zu präsentieren, wie Daten üblicherweise präsentiert werden (sollten) und wie Daten interpretiert werden (Prado & Marzal, 2013). *Daten nutzen* beinhaltet Kompetenzen zum Umgang mit Daten (Vorbereitung für Analysen, Analysen, Verwendung von Analysetools), zur Datenaggregation und -kommunikation (Synthese von Daten, Auswahl einer angemessenen Darstellung und Präsentation der Ergebnisse der Datenanalyse) sowie zur ethischen Nutzung von Daten (Zitieren, Transparenz, Ehrlichkeit) und *Daten managen* Kompetenzen, die sich auf die Speicherung, Verwaltung und anschließende Wiederverwendung von Daten beziehen (Prado & Marzal, 2013).

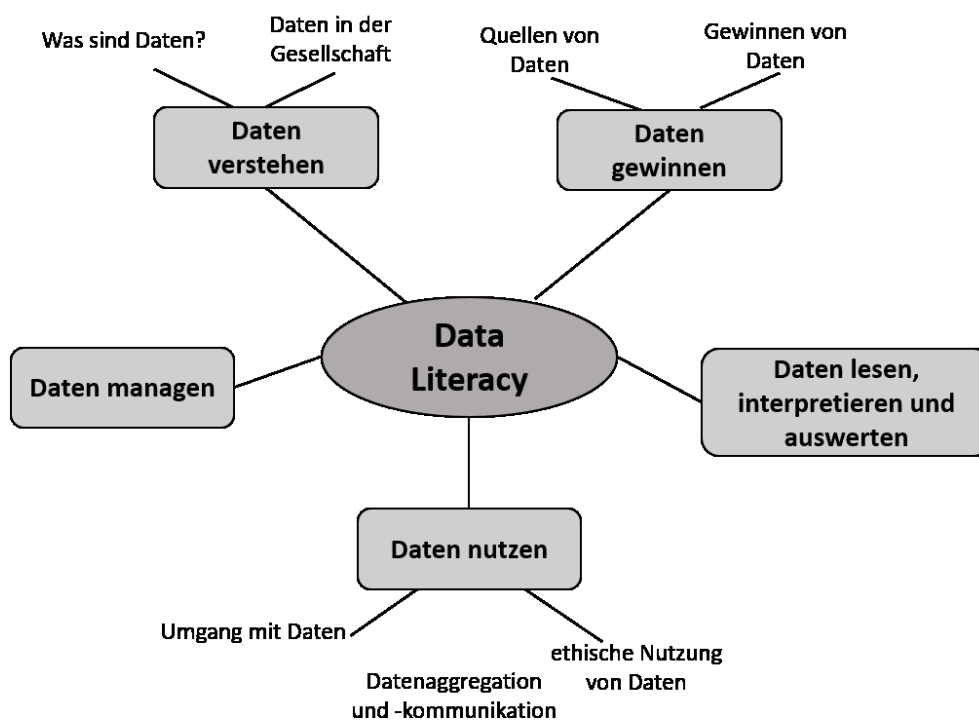


Abbildung 2: Übersicht über die Dimensionen von Data Literacy nach Prado und Marzal (2013) (eigene Darstellung)

### 2.3 Abgrenzungen von Data Literacy und Statistical Literacy

Eine Abgrenzung von Data Literacy und Statistical Literacy gelingt nur schwer bzw. ist in der Literatur nicht eindeutig (Wolff, 2017; Schüller, Busch & Hindinger, 2019) und kann auch in diesem Beitrag nicht abschließend geschehen, sondern lediglich skizziert werden. Unter beiden Begriffen werden Kompetenzen verstanden, die ein Individuum dazu befähigen, statistische Fakten des alltäglichen Lebens kritisch zu bewerten (Prado & Marzal, 2013; Wolff, 2017). Statistical Literacy wird häufig in Verbindung gebracht mit Fertigkeiten, die benötigt werden, um die Validität von statistischen Daten kritisch

zu überprüfen, die zur Stützung von Argumenten oder als Grundlage für Entscheidungsfindungsprozesse dienen (Wolff, 2017). Statistical Literacy beinhaltet also Kompetenzen zur kritischen Bewertung, Interpretation, Weiterverarbeitung und statistischen Analyse von Daten (Prado & Marzal, 2013). Kompetenzen der Data Literacy gehen darüber hinaus und beziehen sich ebenso auf die Auswahl von für die Fragestellung relevanten Daten, deren Bewertung hinsichtlich ihrer Qualität und Vertrauenswürdigkeit sowie deren Nutzbarmachung für die eigenen Bedürfnisse (Frank et al., 2016). Um Statistiken wirklich kritisch beurteilen zu können, benötigt man im Sinne einer Data Literacy ein Verständnis dafür, wie Daten gesammelt und aufbereitet werden, Erklärungen daraus abgeleitet werden und wie Daten präsentiert werden können (Prado & Marzal, 2013; Wolff, 2017). Dadurch wird es möglich zu verstehen, wie die Auswahl der Analyse und der Visualisierung oder eine unsachgemäße Auswahl von Daten die Ergebnisse verzerren können (Wolff, 2017). Demnach bildet Statistical Literacy die Basis für Data Literacy. Data Literacy umfasst aber auch über Statistical Literacy hinausgehende Aspekte (Prado & Marzal, 2013; Frank et al., 2016; Wolff, 2017).

Im Unterricht muss demzufolge an Schüler\*innen die Anforderung gestellt werden, den Sprung von der Statistical Literacy zur Data Literacy zu erreichen. Dies ermöglicht ihnen, beim Umgang mit Daten von der reinen statistischen Ebene zu abstrahieren und diese in einem weiteren Kontext zu betrachten (Frank et al., 2016). Damit dieses gelingen kann, erscheint es allerdings unumgänglich, zunächst die dafür erforderlichen Grundlagen über die Förderung von Statistical Literacy zu legen.

### 3 „Der Weg ist das Ziel“ – Statistical und Data Literacy im Kurskonzept

Statistische Informationen werden in geschriebene Texte oder mündlich, z.B. in Form von Vorträgen oder innerhalb von Gesprächen und Diskussionen, eingebunden oder in Tabellen und Graphiken präsentiert (Gal, 2002). Ein kompetenter Umgang mit derartigen Informationen im Sinne einer Statistical und einer Data Literacy sowie eine informierte, kritische Sicht auf Daten, mit denen man konfrontiert wird, und dafür, wie diese präsentiert und potentiell manipuliert wurden, bedarf demnach eines Verständnisses dafür, wie Daten erhoben und wie diese in Tabellen, Graphiken und Bildern dargestellt wurden (Bowen & Bartley, 2014; Gal, 2002). Für das Kurskonzept bedeutet dies, dass im Kurs über die Förderung von Kompetenzen im Bereich der Statistical Literacy auf Data Literacy abgezielt wird. Dem liegt der Grundgedanke zugrunde, dass durch eine stetige Auseinandersetzung beim Experimentieren mit Kompetenzen, die die Statistical Literacy betreffen, eine Übertragung auf andere Kontexte ermöglicht wird. Die Lernenden werden während des Experimentierens mit Daten konfrontiert und müssen sich damit auseinandersetzen, wie diese Daten erhoben, analysiert, präsentiert und interpretiert werden können. Dieses entspricht den Kompetenzen, die nach Prado und Marzal (2013) zur Data Literacy dazugehören.

Wolff (2017), Frank et al. (2016) sowie Prado und Marzal (2013) bieten mit ihren Definitionen bzw. Konzeptionen von Data Literacy einen geeigneten Rahmen, der im Kurskonzept als Ziel berücksichtigt wurde. Im Kurskonzept liegt der Fokus auf der Förderung von Kompetenzen in der Auseinandersetzung mit von den Schüler\*innen erhobenen Daten während des gesamten Forschungsprozesses.

Ziel des Kurses ist es, die fünf Wissensdimensionen der Statistical Literacy nach Gal (2002) zu fördern, allerdings nicht losgelöst vom gesamten Forschungsprozess, sondern immer unter Berücksichtigung und Reflexion des Forschungsprozesses und der daraus resultierenden Konsequenzen. Das bedeutet auch, dass der Aufbau mathematischer oder statistischer Kompetenzen allein nicht genügt. Vielmehr ist der Aufbau einer Grundvorstellung über Daten und wie diese entstehen sowohl für Statistical als auch für Data Literacy relevant (Sproesser, 2014). Der Fokus im Kurs liegt darauf, dass Schüler\*innen

Strategien und Intuitionen entwickeln, die es ihnen ermöglichen, Daten adäquat beurteilen zu können. Dadurch soll im Kurs die Reflexionsfähigkeit (Gal, 2002) der Schüler\*innen bezogen auf Forschungsdaten geschult werden. Die Entwicklung, Durchführung, Auswertung und Interpretation der Experimente erfolgt unter Berücksichtigung von fachwissenschaftlichem Wissen, aber auch Allgemeinwissen, d.h., die Schüler\*innen reflektieren die einzelnen Schritte im Forschungsprozess immer unter Rückbezug auf dieses Kontextwissen, sodass auch die Förderung dieser Dimension Gals (2002) im Kurskonzept Beachtung findet.

### 3.1 Beschreibung der grundlegenden Idee der Kompetenztreppe

Die Grundidee des „Basiskurs Naturwissenschaften“ umfasst einen schrittweisen Kompetenzerwerb sowohl von experimentellen Kompetenzen als auch von Kompetenzen im Bereich der Statistical Literacy im Verlauf des Kurses, der durch eine sukzessive Steigerung der Selbstständigkeit beim Experimentieren realisiert wird. Analog zu der Kompetenztreppe zum Experimentieren (Stockey, Stiller, Hahn & Wilde, 2020) wurde eine Kompetenztreppe zum statistischen Wissen als Dimension von Statistical Literacy (vgl. Abb. 3 auf der folgenden Seite, Material 1) entwickelt. Diese enthält ausgewählte basale mathematische und statistische Kompetenzen analog zu den dazugehörigen Wissensdimensionen in Gals (2002) Modell der Statistical Literacy. Die Förderung der Kompetenzen bleibt allerdings nicht auf die rein mathematischen oder statistischen Wissensdimensionen beschränkt, sondern geht darüber hinaus und impliziert parallel auch die Förderung der Literacy-Kompetenzen und der Kompetenzen zur kritischen Reflexionsfähigkeit. Diese Kompetenzen werden während der gesamten Forschungsprozesse immer wieder thematisiert, indem z.B. im Unterricht die Darstellung und damit einhergehende mögliche Verzerrungen von Ergebnissen besprochen werden, insbesondere auch bei der Anfertigung der Versuchsberichte zu den einzelnen Experimenten. Die einzelnen Kompetenzen werden im Kursverlauf zunächst lehrerzentriert eingeführt und dann immer weiter in die Hände der Schüler\*innen gelegt. Die Einführung der jeweiligen Kompetenzen erfolgt mit Informationsblättern oder durch Lehrervorträge. Darauf aufbauend bekommen die Schüler\*innen die Gelegenheit, ihr theoretisches Wissen durch Übungsaufgaben zu vertiefen. Im letzten Schritt erfolgt dann eine selbstständige Anwendung des erlangten Wissens für das durchgeführte Experiment.

Durch die Förderung des Wissensaufbaus im Bereich der Wissensdimensionen der Statistical Literacy nach Gal (2002) soll ein Beitrag zur Förderung der Statistical Literacy geleistet werden, und damit sollen letztlich auch die Grundlagen zum Aufbau einer Data Literacy geschaffen werden.

Schülerexperiment zur jeweiligen Unterrichtseinheit (UE)	UE 1a Kindbettfieber <sup>*1</sup>	UE 1b Fadenpendel <sup>1</sup>	UE 2 Energieerhaltung <sup>2</sup>	UE 3 Dichte <sup>3</sup>	UE 4 Lösungswärme <sup>4</sup>	UE 5 Ladungstransport <sup>5</sup>	UE 6 Zellsaftkonzentration <sup>6</sup>	UE 7 Keimung und Wachstum <sup>7</sup>	UE 8 Selektion <sup>8</sup>
Data Literacy-Kompetenzen									
Signifikanzprüfung							L	L/S	S
funktionaler Zusammenhang						L	L/S	L/S	S
Umgang mit Literaturwerten				L	L	L/S	L/S	S	S
Streuung				L	L/S	L/S	S	S	S
Messgenauigkeiten			L	L/S	L/S	S	S	S	S
Beschreiben und Interpretieren von Diagrammen		L	L/S	L/S	S	S	S	S	S
Mittelwerte		L	L/S	L/S	S	S	S	S	S
Wertetabelle		L	L/S	S	S	S	S	S	S
Erstellen von Diagrammen	L	L/S	L/S	S	S	S	S	S	S

Anmerkungen: \* kein Schülerexperiment; L = vom Lehrenden eingeführt/stark angeleitet; L/S = vom Lehrenden und den Schüler\*innen gemeinsam erarbeitet; S = von den Schüler\*innen selbstständig angewendet; UE = Unterrichtseinheit.

<sup>1</sup> Stiller, Allmers, Habigsberg, Stockey & Wilde, 2020; <sup>2</sup> Allmers & Wilde, 2020; <sup>3</sup> Allmers, Stiller & Wilde, 2020; <sup>4</sup> Stiller, Beyer-Sehlmeyer, Friedrich, Stockey & Allmers, 2020; <sup>5</sup> Allmers, Beyer-Sehlmeyer, Schumacher & Wilde, 2020; <sup>6</sup> Schumacher, Beyer-Sehlmeyer, Henrich, Polte, Stockey & Wilde, 2020; <sup>7</sup> Haunhorst, Stockey & Wilde, 2020; <sup>8</sup> Stiller, Bekel-Kastrup & Stockey, 2020.

Abbildung 3: Darstellung der Kompetenztreppe zum statistischen Wissen als Dimension von Statistical Literacy mit den einzelnen Modulen (eigene Darstellung)

### 3.2 Kurzbeschreibungen der Unterrichtsmodule zu den Kompetenzen

Die einzelnen Module der Kompetenztreppe (vgl. Abb. 3) werden im Kurs nicht als abgeschlossene Module nacheinander in den einzelnen Unterrichtseinheiten (UE) unterrichtet, sondern ziehen sich durch den gesamten Kurs, indem zum einen die Schüler\*innen im Verlauf des Kurses diese Module immer selbstständiger anwenden und zum anderen die Module sukzessive inhaltlich höhere Anforderungen an die Schüler\*innen stellen.

#### 3.2.1 Erstellen von Diagrammen

Ein wesentlicher Bestandteil der im Kurs angestrebten Kompetenzentwicklung im Umgang mit empirischen Daten ist der Umgang mit deskriptiver Statistik. Einen ersten Einstieg, um erhobene Daten zu beschreiben, ermöglichen Diagramme. Durch geeignete ausgleichende Kurven können Interpolationen zur Erfassung von funktionalen Zusammenhängen vorgenommen werden, um so die Interpretation der Daten zu vereinfachen



(Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007). Im Rahmen des Kurses soll das Erstellen von Diagrammen erlernt bzw. vertieft werden. Hierzu gehören die begründete Auswahl des Diagrammtyps (Mathesius & Bösche, 2017; Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007) sowie die sachgerechte Darstellung der Informationen in Bezug auf eine angemessene Auswahl der Legende und der Skalen, das korrekte Eintragen der Punktwerte und die Unterscheidung zwischen der unabhängigen Größe (dargestellt auf der Abszisse) und der abhängigen Größe (dargestellt auf der Ordinate) (Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007). Dazu wird bereits zu Anfang des Kurses an nicht selbst erhobenen Daten die Erstellung von Diagrammen eingeführt (UE 1a). Im weiteren Kursverlauf kommen weitere Diagrammtypen zum Einsatz und die Komplexität der Darstellung nimmt zu (beispielsweise durch die Darstellung von Mittelwerten und Standardfehlern im Diagramm).

### 3.2.2 Wertetabelle

Im naturwissenschaftlichen Unterricht dienen Wertetabellen der Erhebung von experimentell gewonnenen Daten. Die Erstellung einer Wertetabelle vor der Versuchsdurchführung ist ein zentrales Planungsinstrument, das die Durchführung eines Experiments konkretisiert, indem die unabhängigen und abhängigen Größen sowie die Messintervalle (Untersuchungsspektrum) und die Anzahl der Messwiederholungen festgelegt werden. Eine geeignete Wertetabelle stellt sicher, dass auch wirklich alle relevanten Größen erfasst werden. Der einfachste Fall einer Wertetabelle ist im ersten Experiment zum Fadenpendel (vgl. Abb. 3) zu finden. Im Verlauf des Kurses nimmt die Komplexität der Wertetabelle zu und beinhaltet auch Zellen für Werte, die nicht direkt gemessen werden können, sondern aus gemessenen Werten berechnet werden (UE 3: Experiment zur Dichte; vgl. Abb. 3). Ziel ist es dabei, dass die Schüler\*innen ein Verständnis für die Notwendigkeit entwickeln, bereits vor der Durchführung des Experiments Überlegungen für eine sorgfältig erstellte Wertetabelle und für die Berechnung relevanter Größen aus den Messdaten anzustellen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass alle notwendigen Größen erfasst und Verwechslungen von Proben bzw. Messdaten oder andere Fehler in der Datendokumentation vermieden werden. Die Erstellung der Wertetabelle wird zunehmend durch die Schüler\*innen vorgenommen und schließlich ganz den Schüler\*innen überlassen.

### 3.2.3 Mittelwerte

Ebenfalls zur deskriptiven Statistik gehört die Berechnung und Deutung charakteristischer Größen, die eine Reihe von Messwerten beschreiben. Dazu zählen Mittelwerte und deren Streuungsmaße. Im Kurs werden das arithmetische Mittel und der Median eingeführt. Neben der Bestimmung dieser beiden Werte werden insbesondere die unterschiedlichen Bedeutungen und Eigenschaften beschrieben. Bei einer schiefen Verteilung von Werten unterscheiden sich arithmetisches Mittel und Median deutlich voneinander, und das arithmetische Mittel wird im Gegensatz zum Median stark von Ausreißern beeinflusst (vgl. z.B. Bortz, 2005, S. 35f.). Insbesondere für den kritischen Umgang mit der Statistik ist die unterschiedliche Aussagekraft von arithmetischem Mittelwert und Median wichtig. Die Berechnung von Mittelwerten (vgl. z.B. Bortz, 2005, S. 37f.) wird bereits im ersten Experiment durchgeführt und thematisiert. Im weiteren Kursverlauf erfolgt dann die selbstständige Auswahl und Anwendung geeigneter Maße für die zentrale Tendenz.

### 3.2.4 Beschreiben von Diagrammen

Die vollständige Auswertung experimenteller Daten beinhaltet eine Beschreibung und Interpretation von Ergebnissen, die vor allem im naturwissenschaftlichen Bereich auch das Arbeiten mit Diagrammen implizieren. Im Kurs wird dazu auf das Ablesen von Messwerten aus einem Diagramm, wie es z.B. bei der Interpolation oder Extrapolation

notwendig ist, eingegangen. Ferner werden Kalibrierkurven verwendet, die durch Able- sen der zugeordneten Werte Rückschlüsse auf schwer zugängliche Größen (z.B. Kon- zentration von Kochsalzlösungen) durch einfach zu bestimmende Größen (z.B. die Dichte von Kochsalzlösungen) zulassen. Das Beschreiben und Interpretieren von Dia- grammen wird zunächst in der Unterrichtseinheit zum Fadenpendel (vgl. Abb. 3) in einem lehrerzentrierten Beitrag vorgestellt, und es werden von den Schüler\*innen Kri- terien gesammelt, die eine gelungene Beschreibung ausmachen. In den folgenden Unter- richtseinheiten wird das Beschreiben und Interpretieren von Diagrammen aus den eige- nen Untersuchungen durch die Schüler\*innen vorgenommen und durch die Lehrenden begleitet und mit Feedback unterstützt. Im ersten Experiment zum Fadenpendel werden zur Auswertung ausgleichende Kurven mit Hilfe des Augenmaßes eingezeichnet. Diese Trendlinien sind insbesondere für Daten erforderlich, die aufgrund ihrer Komplexität nicht durch ein mathematisches Modell beschrieben werden können (Experiment zur Zellsaftkonzentration (UE 6; vgl. Abb. 3) und zur Keimung (UE 7; vgl. Abb. 3)). Lineare Modelle in Form von Ausgleichsgeraden finden bei der Auswertung der Daten zu den Experimenten zur Energieerhaltung, zur Dichte, zur Lösungswärme und zum Ladungs- transport Verwendung. Für die Auswertung der Experimente zur Energieerhaltung, zur Lösungswärme und zur Dichte ist eine Regressionsrechnung nicht notwendig, da auf zwei vertrauenswürdige Punkte – Koordinatenursprung und Datenschwerpunkt oder Li- teraturwert und Datenschwerpunkt – zurückgegriffen werden kann. Bei dem Experiment zum Ladungstransport kann kein Literaturwert verwendet werden, da die Ergebnisse für den Leitwert in der Durchführung stark vom verwendeten Aufbau abhängen. Es erfolgt aus diesem Grund die Einführung in die Regressionsrechnung (vgl. Kap. 3.2.8).

### 3.2.5 Messgenauigkeit

Durch die Genauigkeit des Messgerätes ist die Genauigkeit des einzelnen Messergebnis- ses festgelegt. Die Angabe des Messergebnisses muss daher einen Rückschluss auf die Genauigkeit der Messung erlauben, was durch die sachgerechte Anwendung der signifi- kanten Ziffern gewährleistet ist. Ist die gesuchte Messgröße nur durch die Kombination aus verschiedenen Messgrößen zu bestimmen, müssen die Bestimmungsregeln für sig- nifikante Ziffern nach Addition (bzw. Subtraktion) und Multiplikation (bzw. Division) beachtet werden. Neben der sachgerechten Angabe eines Ergebnisses lassen sich durch die Thematisierung von signifikanten Ziffern auch wichtige Rückschlüsse für die Aus- wahl von Messgeräten ziehen.

Des Weiteren erfolgt im Kurs eine Betrachtung der verschiedenen Arten von Fehlern und Messabweichungen, die für die Bewertung von Messwerten wichtig ist. Neben ver- meidbaren groben Fehlern, die z.B. aufgrund von Verwechslungen entstehen, wird zwi- schen systematischen und zufälligen Messabweichungen unterschieden. Während die systematischen Messabweichungen durch eine bessere Kontrolle der Messgeräte und der Datenaufnahme minimiert werden können, ist dies für zufällige Messabweichungen nicht in jedem Fall möglich (Gränicher, 1994, 2.1). Hier kann mit Hilfe der Statistik der „wahre Wert“ für eine Messgröße durch Mittelung vieler Messwerte abgeschätzt wer- den. Für das Kurskonzept werden drei Ziele angestrebt:

- (1) die fach- und sachgerechte Auseinandersetzung mit möglichen Fehlerquellen und ihrer Kategorisierung in systematische und zufällige Abweichungen,
- (2) die Reflexion über störende Einflüsse in der Umgebung, um ein tiefergehendes Verständnis für die Abläufe in dem jeweiligen Experiment zu erlangen und um einen Vergleich mit Literaturwerten zu ermöglichen,
- (3) das tiefergehende Verständnis über die Möglichkeiten und Grenzen zur Verbes- erung eines Messergebnisses durch die Wiederholung von Messungen bei sta- tistischen Messungenauigkeiten.

### 3.2.6 Streuung

Zur vollständigen Charakterisierung einer Verteilung gehört neben dem Mittelwert auch ein Maß, das die Streuung der Einzelmessungen um den zentralen Wert beschreibt, sodass ein Rückschluss auf die Genauigkeit der Messung möglich wird. Zur Auswertung der erhobenen Daten zum Experiment der Unterrichtseinheit 3 „Struktur der Materie“ wird ein Maß zur Beschreibung der Streuung der erhobenen Werte innerhalb der Stichprobe eingeführt. Zusammen mit den Schüler\*innen werden hierfür geeignete qualitative Kriterien besprochen. Beispielsweise muss sich der Wert für das Streuungsmaß vergrößern, wenn sich die Werte weiter von dem zentralen Wert (hier dem arithmetischen Mittel) entfernen. Ferner soll es für das Streuungsmaß keine Rolle spielen, in welcher Richtung die erhobenen Werte vom zentralen Wert liegen. Diese qualitativen Merkmale werden anschließend mathematisiert, indem ein Term aufgestellt wird, beispielsweise  $x_i - \bar{x}$  mit  $x_i$  als Messwert und  $\bar{x}$  als arithmetischem Mittelwert, um den Abstand vom zentralen Wert zu berechnen  $(x_i - \bar{x})^2$  bzw. damit die Differenz unabhängig von der Richtung der Abweichung wird. Die Erarbeitung der qualitativen Merkmale findet in Anlehnung an Mortimer (1996) anhand eines außernaturwissenschaftlichen Beispiels statt, bei dem in einem gedanklichen Vorgang ein guter Schütze und ein schlechter Schütze gegeneinander antreten und daran Streuung, wahrer Wert und Qualität des Messgerätes veranschaulicht werden (vgl. Abb. 4, Material 2).

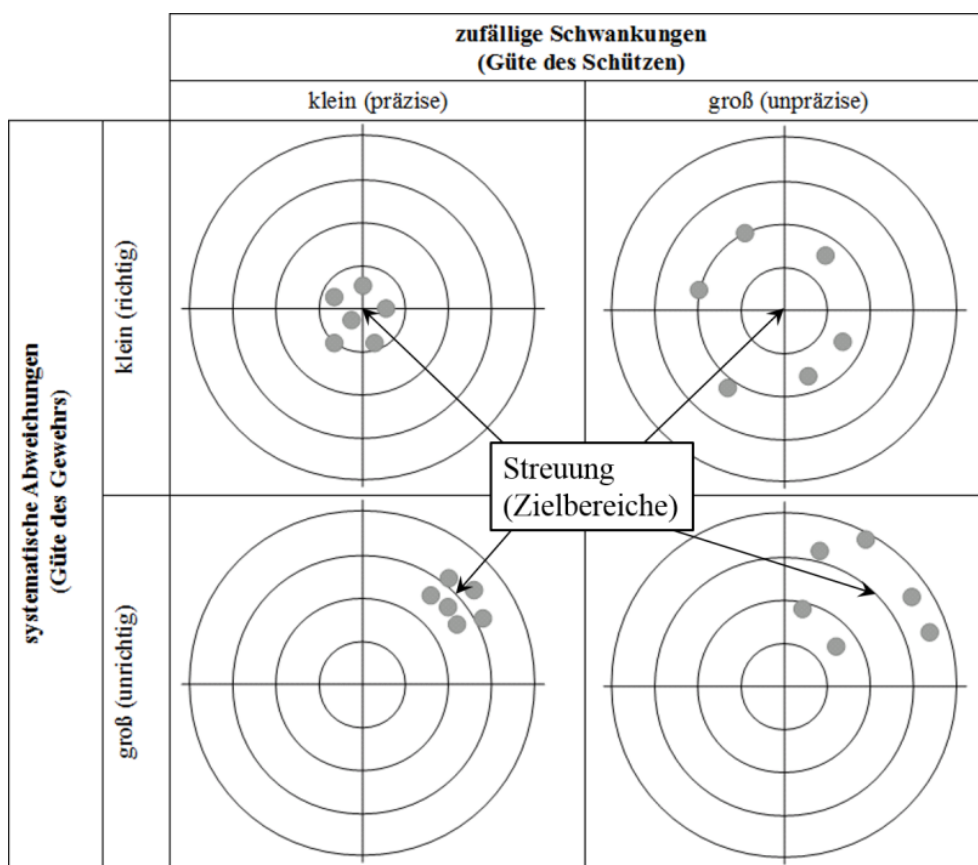


Abbildung 4: Darstellung der Begriffe „Systematische Abweichungen“ und „Streuung“ am Beispiel von Schützen, die mit verschiedenen Gewehren auf eine Zielscheibe schießen (adaptiert nach Mortimer, 1996)

Die Formel zur Berechnung der Standardabweichung  $s$  und  $\sigma$  (Formel 1 bzw. 2) wird vorgegeben. Die einzelnen Bestandteile – (1) Berechnung der Differenz zum zentralen Wert, (2) Berechnung des quadratischen Abstands zum zentralen Wert, (3) Mittelung der

quadratischen Abweichungen in Abhängigkeit der Anzahl der Messwerte, (4) Wurzelziehen, damit Standardabweichung und zentraler Wert identische Einheiten haben – werden hingegen über die oben beschriebene Analogie hergeleitet.

Bei der Berechnung der Standardabweichung wird die Unterscheidung danach, ob eine Stichprobe (Bildung des Mittelwertes über  $n-1$  Messwerte) oder die Grundgesamtheit (Bildung des Mittelwertes über  $n$  Messwerte) betrachtet wird, thematisiert.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n - 1}}$$

Formel 1: Standardabweichung für eine Stichprobe ( $n$ : Anzahl der Messwerte,  $x_i$ :  $i$ -ter Messwert,  $m$ : Mittelwert der Stichprobe)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}}$$

Formel 2: Standardabweichung für eine Grundgesamtheit ( $\mu$ : Mittelwert der Grundgesamtheit)

Neben der Standardabweichung (auch mit SD für *standard deviation* bezeichnet) wird der Standardfehler des arithmetischen Mittels (kurz: Standardfehler, SEM für *standard error of the mean*) eingeführt. Während die Standardabweichung die Streuung für Einzelmessungen darstellt und die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der ein erneut gemessener Datenpunkt innerhalb eines bestimmten Abstands vom Mittelwert einer normalverteilten Stichprobe auftaucht, ist der Standardfehler des arithmetischen Mittels die Standardabweichung aller Mittelwerte und gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Mittelwert innerhalb eines bestimmten Intervalls vom „wahren Wert“ entfernt liegt. Mit größer werdendem Stichprobenumfang nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass der Mittelwert  $m$  der Stichprobe dem Mittelwert  $\mu$  der Grundgesamtheit entspricht. Der Standardfehler des arithmetischen Mittels nimmt daher mit größerem Stichprobenumfang  $n$  gemäß Formel 3 ab (Gränicher, 1994).

$$\text{SEM} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Formel 3: Standardfehler des arithmetischen Mittels (SEM: *standard error of the mean*)

Letztendlich wird der Standardfehler null, wenn die Stichprobe in die Grundgesamtheit übergeht.

Die Einführung des Standardfehlers im Kurs ist notwendig, da Aussagen über statistische Unterschiede mathematisch auf dem Standardfehler beruhen (Koschack, 2008). Eine Thematisierung der unterschiedlichen Bedeutung von SD und SEM ist wichtig, um ein Ergebnis sachgerecht anzugeben und um Untersuchungsergebnisse kritisch hinterfragen zu können; z.B. ist die Angabe des Standardfehlers im biologischen Kontext wenig sinnvoll, da dadurch die biologische Streubreite eines Wertes verzerrt dargestellt wird (Koschack, 2008).

### 3.2.7 Umgang mit Literaturwerten

Beim naturwissenschaftlichen Arbeiten ist bei der Interpretation der experimentell erhobenen Daten ein Vergleich mit Literaturwerten notwendig, um die Qualität der eigenen Ergebnisse beurteilen zu können. Die Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit Literaturwerten wird in den Unterrichtseinheiten 3 (Dichte) und 4 (Lösungswärme) erstmalig thematisiert, und Literaturwerte werden den Schüler\*innen zur Verfügung gestellt. Im

voranschreitenden Kursverlauf sollen diese allerdings von den Schüler\*innen eigenständig recherchiert werden. Nach einem sachgerechten Vergleich der eigenen erhobenen Daten mit der Literatur müssen gegebenenfalls Abweichungen diskutiert werden. Dies geschieht vor dem Hintergrund einer Fehlerdiskussion und je nach Fortschritt im Kursverlauf in den späteren Experimenten auch vor dem Hintergrund der Deutung der Signifikanz.

### 3.2.8 Ermitteln eines funktionalen Zusammenhangs

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden häufig mathematisch zusammengefasst und verallgemeinert. Ein erster Schritt dahin ist die Erstellung von Diagrammen, um die erhobenen Daten zusammenzufassen und übersichtlich darzustellen. Das Einzeichnen einer Trendlinie kann dabei ein weiterer Schritt zu einer tiefergehenden Mathematisierung sein, insbesondere dann, wenn die Linie eine ausgleichende Kurve darstellt (vgl. Kap. 3.2.4). Durch die Beschreibung des Verlaufs der ausgleichenden Kurve können die Daten durch eine Funktion beschrieben werden. Ist der Verlauf der Kurve hingegen durch die vorhandenen Daten nicht eindeutig, dann kann das mathematische Modell mit Hilfe von Regressionsrechnungen gefunden werden. Für die durchgeführten Experimente im Kurs bleibt eine mathematische Modellierung durch die Schüler\*innen größtenteils auf lineare Funktionen beschränkt. Durch die einfach zu handhabenden linearen Funktionen gelingt die Illustration des prinzipiellen Vorgehens beim Auffinden eines mathematischen Modells ohne zu große Mathematisierung. Im Sinne einer Binnendifferenzierung kann an leistungsstärkere Schüler\*innen die Anforderung herangetragen werden, auch andere Funktionen zur Modellierung heranzuziehen.

Im Unterricht wird zunächst in Unterrichtseinheit 2 (Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels) das Einzeichnen von Ausgleichsgeraden durch die Lehrenden thematisiert. In Unterrichtseinheit 5 (Ladungstransport) wird das Aufstellen von linearen Funktionen durch zwei gegebene Punkte  $P_1(x_1|y_1)$  bzw.  $P_2(x_2|y_2)$  eingeführt. Über die Gleichung (4) kann die Funktionsvorschrift der Geradengleichung aufgestellt werden.

$$f(x) = a_1x + a_0 \text{ mit } a_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ und } a_0 = y_1 - a_1x_1 \quad (4)$$

Während man für zwei vertrauenswürdige Punkte die Lage einer Gerade eindeutig festlegen und mit diesen zwei Punkten eine lineare Funktionsvorschrift aufstellen kann, gelingt dies mit nur einem vertrauenswürdigen Punkt nur über eine Regressionsrechnung, die in Unterrichtseinheit 5 (Ladungstransport) eingeführt wird. Die Regressionsrechnung wird über die Methode der kleinsten Quadrate nach Gauss (z.B. Bortz, 2005, S. 185f.) eingeführt und den Schüler\*innen auf diese Weise plausibel gemacht. Auf die explizite Durchführung der Differentialrechnung wird im vorliegenden Kurskonzept verzichtet. Ferner wird keine Regressionsrechnung mit einer Gewichtung vorgesehen, d.h., die Konfidenzintervalle der Mittelwerte gehen nicht in die Betrachtung ein.

Eine statistische Absicherung von linearen Zusammenhängen erfolgt über Korrelationsrechnungen, die Aussagen über die „Stärke“ eines linearen Zusammenhangs zulassen. Für die im Kurs untersuchten Daten wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson (Siebertz, van Bebber & Hochkirchen, 2017, S. 381) in Unterrichtseinheit 5 beim Experiment zum Ladungstransport und die Rangkorrelation nach Spearman (Bortz, 2005, S. 223) in Unterrichtseinheit 7 beim Keimungsexperiment eingeführt. Die Einführung in die Korrelationsrechnung geschieht über die Ermittlung von linearen Funktionsvorschriften für unterschiedlich verteilte fiktive Datenpunkte durch die Regressionsrechnung. Die Beispiele sind dabei über die Verteilung der Datenpunkte in einem Streudiagramm so gewählt, dass augenscheinlich ein linearer Zusammenhang mehr oder weniger naheliegt. Nach Aufstellen der Funktionsgleichung werden qualitative Merkmale gesucht, um die Stärke (oder „Richtigkeit“) des ermittelten Zusammenhangs zu beurteilen.

Ein solches Zusammenhangsmaß sollte die nachfolgenden Eigenschaften haben: (1) Das Maß soll umso größer sein, je geringer die Streuung ist, und umgekehrt. (2) Das Maß soll umso größer sein, je stärker der lineare Zusammenhang zwischen den erhobenen Größen ist. Der den Schüler\*innen mitgeteilte lineare Korrelationskoeffizient erfüllt diese Anforderungen und wird als Übungsaufgabe für die gegebenen Daten berechnet und bewertet.

Im Kurs wird auf den Unterschied zwischen Korrelation und Kausalität am Beispiel des Zusammenhangs der Anzahl von Störchen in einem Ort und der Geburtenrate in den Krankenhäusern des Ortes eingegangen. Dabei werden die Kriterien für Kausalität thematisiert: (1) Die Ursache (abhängige Variable) geht dem Effekt (unabhängige Variable) zeitlich voraus; (2) die Ursache kovariiert mit dem Effekt; (3) Alternativerklärungen können ausgeschlossen werden.

### 3.2.9 Signifikanzprüfung

Das hypothetisch-deduktive Arbeiten macht es notwendig, sich mit der Prüfung von Hypothesen zu beschäftigen. Die Schüler\*innen werden dazu angehalten, in ihrer Auswertung einen Rückbezug zur eingangs aufgestellten Hypothese zu ziehen. Mit fortschreitendem Kursverlauf nimmt die Komplexität der aufgestellten Hypothesen zusammen mit den experimentellen und auswertungsrelevanten Aspekten zu. Die Schüler\*innen werden im Rahmen des Kurses in objektive Entscheidungsfindungen eingeführt, ohne sie dabei allerdings mit statistischen Feinheiten zu überfordern. Als eine Methode der „Signifikanzprüfung“ eignet sich ein visueller Vergleich unter Berücksichtigung der Konfidenzintervalle (Halpern, 2000). Durch dieses Vorgehen wird in die grundlegende Methodik von Interferenztestungen eingeführt und so eine Annäherung an die und ein Verständnis der statistische(n) Interferenztestung angebahnt. Wird beispielsweise wie in Unterrichtseinheit 6 beim Experiment zur Zellsaftkonzentration eine Hypothese aufgestellt, die einen unterschiedlichen Konzentrationsgehalt des Zellsaftes bei verschiedenen Gemüsearten beinhaltet, so ist eine Prüfung notwendig, inwieweit dieser beobachtete Unterschied zufällig oder tatsächlich vorhanden ist. Dazu werden in Anlehnung an das vereinfachte Vorgehen von Halpern (2000) zur Annäherung an eine Signifikanzprüfung über Konfidenzintervalle von den Schüler\*innen drei Schritte ausgeführt: (1) Berechnung der Mittelwerte und der Konfidenzintervalle beider Stichproben, (2) Anfertigen eines Graphen, der die Mittelwerte inklusive der jeweiligen Konfidenzintervalle und Wertebereiche enthält, und (3) Vergleich der Graphen (signifikante Unterschiede zwischen den Stichproben liegen vor, wenn keiner der Mittelwerte im Bereich des Konfidenzintervalls des anderen Mittelwertes liegt). Die statistische Prüfung von Zusammenhangshypothesen erfolgt erstmalig in Unterrichtseinheit 7 beim Keimungsexperiment. Dazu wird der ermittelte Spearman-Rang-Korrelationskoeffizient mit Tabellen (z.B. Engel, 1997, S. 110) verglichen, aus denen der Grenzwert entnommen werden kann, ab dem ein Korrelationskoeffizient als signifikant zu bewerten ist. Als weitere statistische Methode zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen lernen die Schüler\*innen den t-Test als Erweiterung der graphischen Signifikanzprüfung kennen. Im Rahmen der Auswertung des letzten Experiments (UE 8: Selektionsexperiment) entscheiden die Schüler\*innen anhand der Art ihrer Daten und ihrer konkreten Fragestellung, wie sie die Signifikanz ihrer Daten überprüfen, und wenden dann ggf. den neu eingeführten t-Test an oder nutzen eine der anderen, zuvor gelernten Methoden (visuelle Signifikanzprüfung, Korrelation).

Diese im Kurs eingeführten Methoden erlauben den Schüler\*innen bereits einen ersten Einblick in die wesentlichen Schwierigkeiten, die mit naturwissenschaftlichem Arbeiten verbunden sind. Im Unterricht werden aus diesem Grund zufällige Schwankungen der Messergebnisse um einen zentralen Wert und die Variabilität für verschiedene Objekte, wie sie insbesondere bei biologischen Systemen auch innerartlich auftreten, thematisiert. Ebenso wird den Schüler\*innen verdeutlicht, dass sich folglich Hypothesen

nie mit absoluter Sicherheit annehmen oder ablehnen lassen, sondern nur Wahrscheinlichkeiten für die Annahme oder Ablehnung angegeben werden können. Es bleibt ein Restrisiko, dass eine als richtig angenommene Hypothese immer noch falsch sein kann. Darauf aufbauend werden im Kurs die notwendige Festlegung von Signifikanzniveaus und deren international akzeptierte Einteilung vorgestellt (vgl. z.B. Zöfel, 2008, S. 63). Die Schüler\*innen werden darüber hinaus im Kurs angeregt, diese „willkürlich“ festgelegten Grenzwerte zu reflektieren. Das geschieht durch Hinweise z.B. darauf, dass die Festlegung, welches Risiko man bereit ist einzugehen, im Kontext der Untersuchung bzw. der Anwendung von Techniken zu betrachten ist. So zeigt sich beispielsweise für Entscheidungen im Alltag eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 20 Prozent als vertretbar (Wendt, 1966), die allerdings für die Anwendung von Technologien, wie z.B. die Sicherheit von Kernreaktoren, bei Weitem zu hoch ist. Erst die Kenntnis über Signifikanzniveaus und die Verknüpfung mit dem Gefährdungspotential von Technologien erlauben eine Risikobeurteilung von fortschrittlichen Entwicklungen.

## 4 Fazit

Am Ende des Kurses sollen die Schüler\*innen Kompetenzen erlangt haben, die eine kritische Grundhaltung für den Umgang mit selbst erhobenen Daten, aber auch mit präsentierten Daten begünstigen. Darüber hinaus kann mit dem Kurskonzept ein Verständnis bei den Schüler\*innen für die Bedeutung und Notwendigkeit insbesondere der mathematischen und statistischen Kompetenzen, die es den Schüler\*innen erlauben, adäquat mit Daten umgehen zu können, gefördert und damit der Grundstein für eine Statistical Literacy gelegt werden, auf deren Grundlage von den Lernenden dann Data Literacy aufgebaut werden kann.

## Literatur und Internetquellen

- Allmers, T., Beyer-Sehlmeyer, G., Schumacher, F., & Wilde, M. (2020). Ionenwanderungen in Kochsalzlösungen – Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Kochsalzlösungen. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 80–86. <https://doi.org/10.4119/pflb-3306>
- Allmers, T., Stiller, C., & Wilde, M. (2020). Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen: Ein Vergleich zwischen verschiedenen Methoden. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 53–66. <https://doi.org/10.4119/pflb-3304>
- Allmers, T., & Wilde, M. (2020). Energie und Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 40–52. <https://doi.org/10.4119/pflb-3303>
- Bortz, J. (2005). *Statistik* (Springer-Lehrbuch; 6., vollst. überarb. u. aktual. Aufl.). Berlin & Heidelberg: Springer Medizin.
- Bowen, M., & Bartley, A. (2014). *The Basics of Data Literacy. Helping Your Students (and You!) Make Sense of Data*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Eichler, A., & Vogel, M. (2013). *Leitidee Daten und Zufall. Von konkreten Beispielen zur Didaktik der Stochastik*. Wiesbaden: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-00118-6>
- Elschenbroich, H.-J. (2010). Statistische Daten und ihre Interpretationen. *MNU*, 63 (2), 67.
- Engel, J. (1997). *Signifikante Schule der schlichten Statistik*. Fürth: Filander.
- Frank, M., Walker, J., Attard, J., & Tygel, A. (2016). Data Literacy – What Is It and How Can We Make It Happen? *The Journal of Community Informatics*, 12 (3), 4–8.
- 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>

- Gränicher, H. (1994). *Messung beendet – was nun?* Stuttgart: Teubner.
- Halpern, A.E. (2000). Toward Scientific Literacy for Nonscience Majors. *The American Biology Teacher*, 62 (4), 276–281. <https://doi.org/10.2307/4450895>
- Haunhorst, D., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Die Ökologische Nische – Ein Dosis-Wirkungs-Experiment zur Ermittlung des physiologischen Spektrums verschiedener Getreidearten. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 107–116. <https://doi.org/10.4119/pflb-3308>
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss vom 16.12.2004. München & Neuwied: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss vom 16.12.2004. München & Neuwied: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss vom 16.12.2004. München & Neuwied: Luchterhand.
- Koschack, J. (2008). Standardabweichung und Standardfehler: der kleine, aber feine Unterschied. *Zeitschrift für Allgemeinmedizin*, 84, 258–260. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1073146>
- Lachmayer, S., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 161–180.
- Mathesius, S., & Bösche, R. (2017). Entwicklung des Seidenspinners. Diagramme lesen und konstruieren. *Unterricht Biologie*, (423), 10–18.
- Mortimer, C.E. (1996). *Chemie* (6. Ausg.). Stuttgart: Thieme.
- OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework. Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- Prado, J.C., & Marzal, M.Á. (2013). Incorporating Data Literacy into Information Literacy Programs. Core Competencies and Contents. *Libri*, 63 (2), 123–134. <https://doi.org/10.1515/libri-2013-0010>
- Schüller, K., Busch, P., & Hindinger, C. (2019, August). *Hochschulforum für Digitalisierung*, (47: Future Skills: Ein Framework für Data Literacy. Kompetenzrahmen und Forschungsbericht). Zugriff am 06.12.2020. Verfügbar unter: <https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/videos-framework-data-literacy>.
- Schumacher, F., Beyer-Sehlmeyer, G., Henrich, S., Polte, S., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Osmotische Wirkung von Kochsalz – Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration bei verschiedenen Gemüsearten. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 97–106. <https://doi.org/10.4119/pflb-3307>
- Siebertz, K., van Bebber, D., & Hochkirchen, T. (2017). *Statistische Versuchsplanung: Design of Experiments (DoE)*. Berlin & Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-55743-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55743-3_11)
- Sproesser, U. (2014). Informelles statistisches Schließen anbahnen – Die Sicht von Achtklässlern auf Variabilität. In U. Sproesser, S. Wessolowski & C. Wörn (Hrsg.), *Daten, Zufall und der Rest der Welt. Didaktische Perspektiven zur anwendungsbezogenen Mathematik* (S. 235–246). Wiesbaden: Springer Fachmedien. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-04669-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-658-04669-9_19)
- Stiller, C., Allmers, T., Habigsberg, A., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften: Von der Hypothese zur Theorie. *PFLB –*



- PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 28–39. <https://doi.org/10.4119/pflb-3302>
- Stiller, C., Bekel-Kastrup, H., & Stockey, A. (2020). Selektion und Evolution: Ein Schülersimulationsexperiment zur selektiven Wirkung der Räuber-Beute-Beziehung. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innen-Bildung*, 2 (2), 117–128. <https://doi.org/10.4119/pflb-3309>
- Stiller, C., Beyer-Sehlmeyer, G., Friedrich, G., Stockey, A., & Allmers, T. (2020). Lösungswärme energetisch betrachtet: Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der konzentrationsabhängigen Lösungsenthalpie beim Lösen verschiedener Salze. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2), 67–79. <https://doi.org/10.4119/pflb-3305>
- Stockey, A., Stiller, C., Hahn, S., & Wilde, M. (2020). Das Konzept des fächerübergreifenden „Basiskurs Naturwissenschaften“ und seine didaktisch-methodischen Prinzipien. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (1), 126–143. <https://doi.org/10.4119/pflb-3994>
- Till, C. (2014). Unstatistiken: Statistische Fehlschlüsse in den Medien. In U. Sproesser, S. Wessolowski & C. Wörn (Hrsg.), *Daten, Zufall und der Rest der Welt. Didaktische Perspektiven zur anwendungsbezogenen Mathematik* (S. 259–266). Wiesbaden: Springer Fachmedien. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-04669-9\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-658-04669-9_21)
- Wendt, D. (1966). Versuche zur Erfassung eines persönlichen Verlässlichkeitsniveaus. *Zeitschrift für Psychologie*, 172, 40–81.
- Wilde, M., Stiller, C., & Stockey, A. (Hrsg.). (2020). *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (2: Der Basiskurs Naturwissenschaften am Oberstufen-Kolleg Bielefeld). <https://doi.org/10.4119/pflb-3299>
- Wolff, A. (2017). Creating an Understanding of Data Literacy for a Data-driven Society. *The Journal of Community Informatics*, 12 (3), 9–26.
- Zöfel, P. (2008). *Statistik für Psychologen. Im Klartext* (4. Nachdr.). München et al.: Pearson Studium.

## Beitragsinformationen

### Zitationshinweis:

Stiller, C., Allmers, T., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Statistical Literacy & Data Literacy – Grundbildung im Umgang mit empirischen Daten. *PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (1), 144–160. <https://doi.org/10.4119/pflb-3995>

### Online-Supplement:

Materialien

Online verfügbar: 10.12.2020

ISSN: 2629-5628



© Die Autor\*innen 2020. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>