

Benjamin Bock
 Thomas Schubatzky
 Claudia Haagen-Schützenhöfer

Universität Graz

Erkenntnisprozesse in nicht experimentellen Untersuchungen

Ausgangslage und Zielsetzung

Experimentelle Methoden zeichnen sich durch das Manipulieren bekannter, kontrollierter Systeme aus. SchülerInnen reduzieren naturwissenschaftliches Arbeiten oft auf diese eine „naturwissenschaftliche Methode“. Der Grund dafür scheint u.a. die Überbetonung klassischer experimenteller Designs im naturwissenschaftlichen Unterricht zu sein (Lederman et. al. 2013).

Solche Designs sind jedoch nicht repräsentativ für naturwissenschaftliches Arbeiten. In manchen Bereichen, wie z.B. der Astro- oder Klimaphysik, werden unkontrollierte, nicht gänzlich bekannte Systeme untersucht, welche nicht experimentell zugänglich sind. Solche Untersuchungen finden oftmals statt, indem relevante Variablen gemessen werden, um mittels statistischer Methoden korrelative Zusammenhänge zwischen diesen festzustellen. Derartige korrelativen Untersuchungen großer Datenmengen sollten durch naturwissenschaftlichen Unterricht ebenfalls repräsentiert werden.

Dieses durch einen design-based research Ansatz geleitete Projekt hat das Ziel, eine Lernumgebung für SchülerInnen (16 – 18 Jahre) zu entwickeln und zu erproben, bei der Lernende die Feinstaubbelastung einer mittelgroßen Stadt (Graz, AUT) anhand eines multivariaten Datensets untersuchen. Dadurch sollen Fähigkeiten im Umgang mit explorativer Datenanalyse trainiert werden. Aktuell entsteht zudem eine adaptierte Version, die in der Ausbildung von Naturwissenschaftslehrkräften eingesetzt werden kann.

Als erster Schritt des Projekts wurde die Lernumgebung mit Studierenden erprobt. Aus der Analyse resultieren Erkenntnisse für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung und für die Weiterentwicklung der Lernumgebung.

Theoretische Grundlagen

Für die Entwicklung der Lernumgebung und die Analyse der Pilotierung wurde ein Prozessmodell nicht-experimenteller statistischer Erkenntnisgewinnung (Abb. 1) theoriebasiert entwickelt. Dieses muss sowohl den Ansprüchen an naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse genügen, und gleichzeitig Besonderheiten statistischer Untersuchungen berücksichtigen. Die Basis dafür bilden ein Teilprozessmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Arnold et al. 2013) und ein Modell statistischen Denkens und Problemlösens (Wild und Pfannkuch 1999). Das erarbeitete Teilprozessmodell der Lernumgebung (Abb. 1) stellt naturwissenschaftlich-statistische Erkenntnisprozesse dar, welche mit der Lernumgebung intendiert sind.

Damit die Lernenden nicht auf statistische Kompetenzen und vertieftes mathematisches Wissen angewiesen sind, wurden zur Entwicklung dieses Teilprozessmodells die Konzepte der explorativen Datenanalyse (EDA) (Tukey 1970) und des „informal inferential reasoning“ (IIR) (z.B. Makar und Rubin 2018) implizit einbezogen. Entsprechend dieser sollen die Lernenden graphische Darstellungsformen der Daten (z.B. Scatterplots, Boxplots, etc.) beschreiben. Daraus sollen sie Schlussfolgerungen ziehen und diese, basierend auf den Graphen und kontextuellem Inhaltswissen, begründen. Diese Konzepte ermöglichen es, statistische Denkweisen und Konzepte bei der Analyse des Datensets mit einzubeziehen, ohne auf formale Methoden der Inferenzstatistik angewiesen zu sein.

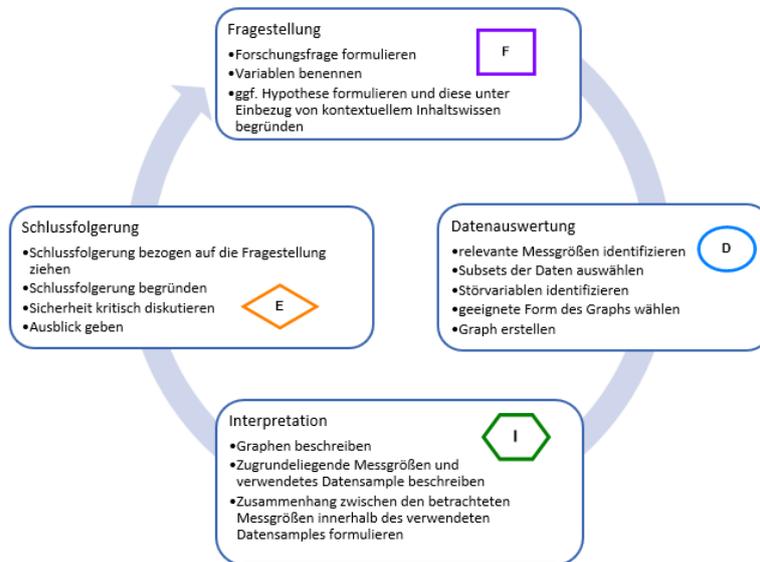


Abb. 1: Teilprozessmodell naturwissenschaftlich-statistischer Erkenntnisgewinnung; Symbole der vier Teilprozesse in den Flussdiagrammen (s. Abb. 2 und Abb. 3.)

Die Erstversion des Lernumgebungsdesigns

Die erste Version der Lernumgebung wurde im Hinblick auf deren Pilotierung mit Physiklehramtsstudierenden (Bachelorniveau) entwickelt. Gleichzeitig war ein wesentliches Kriterium der Gestaltung, dass die Lernumgebung in nur gering veränderter Form im schulischen naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schülerinnen und Schülern (Alter 16-18 Jahre) implementiert werden kann.

Der Kern der Erstversion dieser Lernumgebung ist als zweistündige Sequenz für Bachelorstudierende des Lehramts Physik gestaltet, gegliedert in zwei Einheiten (à eine Unterrichtsstunde). Die erste Einheit beinhaltet die Erläuterung des Kontexts Feinstaub und der Datenanalysesoftware. In der zweiten Einheit findet die Intervention statt. Dabei untersuchen die Studierenden in 2er-Teams ungeleitet einen Datensatz zur Feinstaubbelastung der Stadt Graz (AUT). Sie sollen relevante Einflussfaktoren der Feinstaubbelastung untersuchen, und ihren Untersuchungsverlauf in einem vorstrukturierten Prozessprotokoll dokumentieren. Der multivariante Datensatz umfasst Messdaten der Feinstaubkonzentration (PM10) und meteorologische Daten über drei Jahre (2015 – 2017) von drei Grazer Messtationen. Die Daten werden mit der Software TinkerPlots (Konold & Miller 2018) analysiert. Dies ist eine dynamische Datenanalysesoftware zur graphischen Darstellung von Daten, die niederschwellig zugänglich und handhabbar ist. Als Scaffolding steht den Lernenden bei ihren Untersuchungen eine Beschreibung des Datensatzes und einem Factsheet über Feinstaub zur Verfügung.

Design der Pilotierung

Die Lernumgebung wurde mit Bachelorstudierende des Lehramts Physik in zwei Parallelkursen (LV Moderne Medien, 7. Semester) pilotiert ($n_1 = 14$, $n_2 = 18$). Um eine erste Beschreibung der Erkenntnisprozesse der Studierenden zu ermöglichen wurde folgende Forschungsfrage formuliert:

- Welche spezifischen Vorgangsweisen wählen die Studierenden bei ihren Erkenntnisgewinnungsprozessen in der Intervention?

Um diese Frage zu beantworten wurden die Prozessprotokolle der Studierenden mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring 2010). Die Protokolle wurden in Untersuchungsschritte gegliedert und diese als Teilprozesse der Prozessmodells (vgl. Abb. 1) kategorisiert. Die Darstellung der Untersuchungsverläufe erfolgte in Form von Flussdiagrammen als Abfolge eben dieser Teilprozesse. Jede Kette in einem Flussdiagramm entspricht einer abgeschlossenen Untersuchung (analog zu einem abgeschlossenen klassischen Experiment).

Ergebnisse und Schlussfolgerung

Anhand der Untersuchungsverläufe lassen sich verschiedene allgemeine Formen von Untersuchungen unterscheiden. Bei *zielgerichteten Untersuchungen* legen die Studierenden zu Beginn eine Fragestellung fest, auf welche die nachfolgende Untersuchung ausgerichtet ist. Im Gegensatz dazu deutet sich an, dass bei *explorativen Untersuchungen* Studierende die Daten explorativ untersuchen. Sobald sie in einem Graphen eine Auffälligkeit entdecken, interpretieren sie diesen entsprechend bzw. leiten daraus eine Schlussfolgerung ab.

Auffallend ist, dass viele Studierende nicht auf eine dieser beiden Formen beschränken, sondern zwischen diesen im Laufe ihrer Untersuchungen wechseln (Abb. 2).

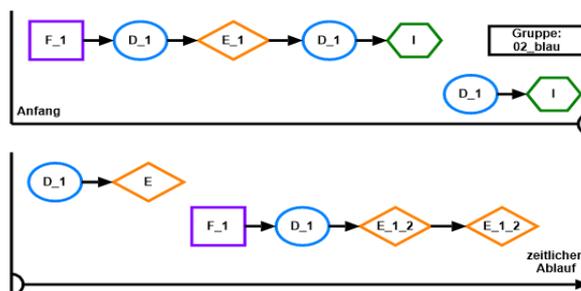


Abb. 2: Wechsel zwischen zielgerichteten und explorativen Untersuchungen

Einige Studierende haben die Ergebnisse bzw. Graphen vorangegangener Untersuchungen mit später erzielten Ergebnissen in Beziehung gesetzt (Abb. 3). In derartigen Fällen wurden die Ergebnisse einzelner Untersuchungen entweder bestätigt oder widerlegt bzw. in Frage gestellt.

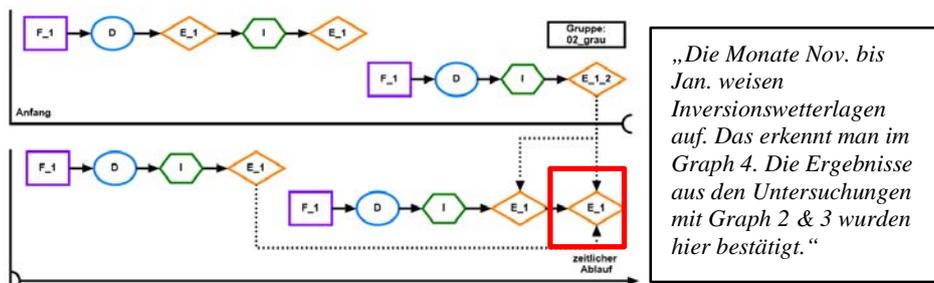


Abb. 3: Verknüpfung von Untersuchungen (punktierte Linien); Der Protokollauszug (rechts) korrespondiert mit dem umrahmten Teil des Flussdiagramms.

Ausblick

Die Ergebnisse liefern wichtige Hinweise für die Weiterentwicklung der Lernumgebung. In einer weiteren Umsetzung mit Schülerinnen und Schülern (10. – 11. Schulstufe) wurde die Lernumgebung um eine dritte Einheit erweitert, in der die Lernenden die Ergebnisse ihrer Untersuchungen präsentieren und Feedback von Peers und Lehrkräften erhalten. Neben einer zyklischen Weiterentwicklung dieser Lernumgebung für Schule wird aktuell auch die Erstversion für die Lehramtsausbildung weiterentwickelt, in der die Analyse und Bewertung von naturwissenschaftlichen Argumenten im Vordergrund steht.

Literatur

- Arnold, Julia; Kremer, Kerstin; Mayer, Jürgen (2013): Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren–Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. In: Dirk Krüger, Annette Upmeyer zu Belzen, Philipp Schmiemann, Andrea Möller und Doris Elster (Hg.): Erkenntnisweg Biologiedidaktik. 14. Frühjahrsschule der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, 2012. Bremen / Osterholz-Scharmbeck (11), S. 7–20.
- Konold, Clifford; Miller, Craig D. (2018): TinkerPlots. Version 2.3.4: Learn Troop Pty Ltd.
- Lederman, Norman G.; Lederman, Judith S.; Antink, Allison (2013): Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. In: International Journal of Education in Mathematics Science and Technology 1 (3), S. 138–147.
- Makar, Katie; Rubin, Andee (2018): Learning About Statistical Inference. In: Dani Ben-Zvi, Katie Makar und Joan Garfield (Hg.): International Handbook of Research in Statistics Education. Cham: Springer International Publishing (Springer International Handbooks of Education), S. 261–294.
- Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik). Online verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3470001&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm.
- Tukey, John W. (1970): Exploratory Data Analysis. Limited preliminary edition. 3 Bände. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Wild, Christopher J.; Pfannkuch, Maxine (1999): Statistical Thinking in Empirical Enquiry. In: International statistical review 67 (3), S. 223–248.