

„RETIC-Studie in der Schule“ – eine WebApp zum Aufbau von ausgewählten Konzepten der Stochastik im Kontext der Traumastudie RETIC

TOBIAS HELL, PETRA INNERHOFER, ANDREAS LEITNER, FLORIAN STAMPFER, INNSBRUCK

Zusammenfassung: Im vorliegenden Artikel wird die WebApp „RETIC-Studie in der Schule“ vorgestellt. Dabei wird auf den Kontext der Traumastudie RETIC, die Einsatzmöglichkeiten der WebApp in der Schule und die daraus resultierenden Vorteile für den Mathematikunterricht eingegangen.

1 Einleitung

Bei der WebApp „RETIC-Studie in der Schule“ handelt es sich um ein dynamisches Lern-Lehr-Medium, mit Hilfe dessen sich die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II selbstständig mit schullelevanten, stochastischen Konzepten auseinandersetzen können. Die WebApp, die im Rahmen der Diplomarbeit von Andreas Leitner entwickelt und evaluiert wurde und online über <https://fachdidaktik-mathematik.uibk.ac.at> frei erreicht werden kann, beschäftigt sich aus fachlicher Sicht in einem ersten Teil mit Boxplots, Dichte- und Verteilungsfunktionen; Konfidenzintervallen, Odds Ratios und Testtheorie in einem zweiten Teil.

Neben den mathematischen Hintergründen, die den Lernenden geboten werden, haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, sich die eben genannten stochastischen Konzepte geleitet durch Aufgabenstellungen mit Hilfe von diversen Eingabemöglichkeiten und Graphiken verstehensorientiert zu erarbeiten. Darüber hinaus werden die gewonnenen Ergebnisse im Rahmen von „Schlussfolgerungen“ im medizinischen Kontext erläutert. Dadurch soll ersichtlich werden, dass studienrelevante Fragen mit Werkzeugen der Mathematik beantwortet werden können.

Als Kontext für die WebApp wurde die oben genannte RETIC-Studie gewählt. Diese an der Universitätsklinik Innsbruck durchgeführte Studie beschäftigt sich mit der Wirksamkeit unterschiedlicher Therapieformen zur Behandlung von Gerinnungsstörungen bei Traumapatientinnen und -patienten. Abgesehen davon, dass durch den Realitätsbezug die Mathematik im Allgemeinen als Teil der Welt wahrgenommen werden kann und dadurch dem Unterricht mehr Sinn verliehen wird (Daume 2009, S. 78), ermöglicht der medizinische Kontext einen geschlechtersensiblen Zugang. Studien haben gezeigt, dass Themen, die das

Lebendige oder die Wirkung auf das Lebendige in den Blick nehmen, wie es etwa in der Medizin stattfindet, insbesondere für das weibliche Geschlecht von Interesse sind. Dies trägt zur Dekonstruktion des männlichen Images des MINT-Bereichs bei (Jahnke-Klein 2014, S. 62).

2 Kontext: RETIC-Studie

Schwere Verletzungen (Traumen) und einhergehende Blutverluste induzieren eine Aktivierung des sehr komplexen Gerinnungssystems, um den lebensbedrohlichen Blutverlust zu stoppen und das Eindringen von Infektionen zu verhindern. Damit eine Blutung gestoppt werden kann, muss 1. ein Zündstoff (Thrombin) durch Aktivierung mehrerer im Blut vorhandener Gerinnungsfaktoren (Faktor II–XII) gebildet werden und 2. aus vorhandenem zirkulierendem Fibrinogen und Blutplättchen (Thrombozyten) und Mitwirkung von Faktor XIII ein stabiles Blutgerinnsel (Clot) gebildet werden. Seit längerer Zeit (Hiippala 1995) ist bekannt, dass besonders die Fibrinogenkonzentration während Blutverlusten rasch und kritisch abnimmt, sodass die Festigkeit gebildeter Gerinnsel vermindert ist, wodurch die Blutung weiter anhält. Das Ausmaß des Blutverlustes und die dadurch notwendige Anzahl von Bluttransfusionen sind mit dem Auftreten von Organversagen und der Überlebensrate assoziiert. Daher ist eine rasche und effektive Therapie einer bestehenden Gerinnungsstörung von großer medizinischer Bedeutung. Behandlungsrichtlinien empfehlen die Gabe von frischem gefrorenem Plasma (FFP) welches alle Gerinnungsfaktoren, aber auch andere Eiweißstoffe enthält. Die Konzentration an Gerinnungsfaktoren ist variable und niedrig, und dies gilt besonders für die Fibrinogenkonzentration. Da die Gabe einer niedrigen konzentrierten Lösung kaum die Konzentration anheben kann, bestehen Zweifel an der Effektivität einer Plasmatherapie. Alternativ stehen sogenannte Gerinnungsfaktoren Konzentrate (CFC, z. B. Fibrinogenkonzentrat, Prothrombinkonzentrat, FXIII Konzentrat ...) zur Verfügung, womit eine gezielte und rasche Anhebung der Konzentration eines einzelnen Faktors (Fibrinogenkonzentrat, FXIII Konzentrat) oder mehrere Faktoren (Prothrombinkomplexkonzentrat) möglich ist.

Trotz bestehender Behandlungsempfehlungen besteht Unklarheit, ob die Gabe von frischem, gefrorenem Plasma (FFP), oder die gezielte Anwendung von Gerinnungsfaktorenkonzentraten (CFC) wie Fibrinogenkonzentrat, FXIII Konzentrat und Prothrombinkomplexkonzentrat oder eine Kombination aus beidem am geeignetsten ist (Innerhofer et al. 2017, S. 1–2).

Aus diesem Grund wurde ein Versuchssetting entwickelt, bei dem die Gabe von FFP und dem gezielten Einsatz von CFC verglichen wurde, denn trotz der Behandlungsempfehlung mit FFP gingen die Studienautorinnen und -autoren davon aus, dass die Verwendung von CFC den Anteil an besonders notwendigen Blutgerinnungsfaktoren rasch und wirksam erhöhen würde, weil eine hohe Konzentration an Gerinnungsfaktoren schnell verabreicht werden kann. Des Weiteren ging man davon aus, dass die rechtzeitige Korrektur einer Trauma induzierten Blutgerinnungsstörung die Blutungsphase begrenzen kann, wodurch die Notwendigkeit an Bluttransfusionen verringert werden könnte. Dadurch erhoffte man sich insbesondere eine sinkende Anzahl an Patientinnen und Patienten mit Multiorganversagen. Als primärer Endpunkt der Studie galt das Auftreten eines Multiorganversagens, als ein sekundärer Endpunkt die Fibrinogenkonzentration (Innerhofer et al. 2017, S. 2, 4).

Nach Einlieferung der Verletzten in die Notaufnahme und Erfüllung gewisser Kriterien wurden sie per Zufall der FFP- bzw. CFC-Gruppe zugeteilt, wobei 44 Personen der FFP- und 50 Personen der CFC-Gruppe angehörten, womit gesamt 94 Probandinnen und Probanden die Studie durchliefen. Trotz eines geringeren Stichprobenumfangs als ursprünglich angedacht – da die Studie aufgrund eines deutlich erhöhten Therapieversagens in der FFP-Gruppe vorzeitig abgebrochen werden musste – konnte erkannt werden, dass die FFP-Gabe im Vergleich zur CFC-Verabreichung die Fibrinbildung und die Stabilität der Blutgerinnsel kaum positiv beeinflusst. In Bezug auf das Auftreten eines Multiorganversagens konnten aufgrund der geringeren Anzahl an Probandinnen und Probanden hingegen keine gesicherten Aussagen getroffen werden. Denn obwohl in der FFP-Gruppe mehr Patientinnen und Patienten unter einem multiplen Organversagen litten als in der CFC-Gruppe, war dieser Unterschied in der statistischen Auswertung nicht signifikant (Innerhofer et al. 2017, S. 3–5, 10–11). (Durch eine Post-hoc-Auswertung bezüglich des Multiorganversagens konnte trotz des Stichprobenumfangs von 94 Personen eine Signifikanz erkannt werden. Die Autorinnen und Autoren der Studie favorisieren daher

gesamt betrachtet die Verwendung von CFC und insbesondere von Fibrinogenkonzentrat (Innerhofer et al. 2017, S. 11).)

3 Inhalte der WebApp

Obwohl die WebApp ‚RETIC-Studie in der Schule‘ hinsichtlich ihrer Offenheit in eine eher engere Lernumgebung eingebettet ist, indem es sich um vorgefertigte Lerneinheiten handelt (Haug 2012, S. 14–15), bietet sie stets Möglichkeiten zum selbstständigen Entdecken von Zusammenhängen und zur eigenständigen Erarbeitung stochastischer Konzepte. Um dies gewährleisten zu können, wird bezüglich der Sozialform im Unterricht klar Einzel- oder höchstens Partnerarbeit empfohlen. Von den Schülerinnen und Schülern werden dabei nur minimale digitale Grundkenntnisse verlangt, da der Aufbau der WebApp und die Verwendung der Werkzeuge intuitiv gestaltet wurde – wie auch eine mit Lernenden und Lehrenden durchgeführte Evaluierung belegt: „Ich finde es übersichtlich. Ich habe alles gefunden, was ich brauche. [...] Ich finde grundsätzlich das Layout voll cool. Das es da so Dinge zum Anklicken gibt, die zum Rausklappen [...] Das macht alles viel übersichtlicher.“ (Interview SchülerIn A).

Hinsichtlich des Aufbaus gliedert sich die WebApp in zwei unabhängige Module, die aufgrund ihres Kontexts ‚Fibrinogenkonzentration‘ und ‚Multiorganversagen‘ genannt werden. Beiden sind mathematische Erläuterungen der behandelten Themen gemein, die den Schülerinnen und Schülern zur selbständigen Aneignung bzw. zum Nachlesen dienen sollen. Auf die Heterogenität der Klasse wurde dabei Rücksicht genommen, indem komplexere Hintergrundinformationen für Leistungsschwächere primär verborgen und für Leistungsstärkere über Links erreichbar sind.

3.1 Modul I: Fibrinogenkonzentration

Im ersten Modul werden Boxplots, Dichte- und Verteilungsfunktionen vor dem Hintergrund des Datensatzes ‚Fibrinogenkonzentration‘ betrachtet, der die Konzentration an Fibrinogen im Blut der Probandinnen und Probanden beider Behandlungsgruppen angibt.

Gerade Boxplots stellen eine graphische Darstellung dar, die verschiedene statistische Kennzahlen einer Häufigkeitsverteilung zusammenfasst (Krüger et al. 2015, S. 121). Ein wesentlicher Vorteil dieser Darstellungsart liegt darin, dass man einen schnellen Überblick zu einer Verteilung erhält. Damit wird insbesondere der Vergleich zweier Verteilungen erleichtert (Eichler & Vogel 2013, S. 37–38). Die Lernenden

müssen jedoch erst lernen, graphische Darstellungen richtig zu lesen und zu interpretieren. Die Lehrperson sollte daher die Schülerinnen und Schüler nicht nur statistische Kennzahlen zum Erstellen von Boxplots bestimmen lassen. Vielmehr sollte es um das Gewinnen von Aussagen und das richtige Interpretieren gehen, insbesondere vor dem Hintergrund von Verteilungsvergleichen (Krüger et al. 2015, S. 126–127). Mit Hilfe der WebApp wird dies im Realitätskontext der RETIC-Studie gefördert, indem die Lernenden etwa aufgefordert werden, anhand der dargestellten Boxplots vergleichende Aussagen zur Fibrinogenkonzentration in den beiden Behandlungsgruppen aufzustellen.

Bezüglich Dichte- und Verteilungsfunktionen werden den Schülerinnen und Schülern im Rahmen des Mathematikunterrichts in vielen Fällen nur jene der Normalverteilung vorgestellt. Dies ist angesichts des interpretierbaren Schwerpunkts, der durch den Lehrplan gesetzt wird, durchaus legitim. Jedoch wird es gerade im Kontext des Realitätsbezugs als sinnvoll erachtet, Daten zu betrachten, deren Graphen der Dichte- und Verteilungsfunktion nicht jenen der Normalverteilung gleichen. Dies wurde auch von den Lehrpersonen in der Evaluierung positiv angenommen: „Was aber toll ist, [ist], dass sie mal eine andere [Dichte] sehen, weil das in den Büchern schwach ist.“ (Interview Lehrperson A). „Ja, das ist mal eine Dichtefunktion! [...] Nicht eine Gerade oder mit einem kleinen Häkchen.“ (Interview Lehrperson B). Die Lernenden lernen so eine Schätzung der Dichte als Alternative zum Histogramm kennen und haben die Möglichkeit, über den ‚schulischen Tellerrand‘ hinauszublicken. Zudem wird in der Mathematikdidaktik die Verwendung von unterschiedlichen graphischen Darstellungsformen für das Erkennen von Strukturen und Besonderheiten in Daten betont (Biehler & Engel 2015, S. 237). Im Modul ‚Fibrinogenkonzentration‘ liegt daher ein besonderer Fokus auf dem Erkennen von Zusammenhängen zwischen Boxplots, Dichte- und Verteilungsfunktionen. Diese Zusammenhänge können und sollen die Schülerinnen und Schüler speziell durch die in der WebApp zur Verfügung gestellten Werkzeuge erfassen – im Sinne eines innermathematischen forschenden Lernens unter Realitätsbezug. In der WebApp werden beispielsweise die Funktionsgraphen zweier geschätzter Dichtefunktionen zu jenen Zufallsvariablen abgebildet, die jeder Patientin/jedem Patienten die Fibrinogenkonzentration zuordnen. Durch das Anklicken von Buttons werden die entsprechenden Quartile beider Behandlungsgruppen zum Datensatz ‚Fibrinogenkonzentration‘ eingezeichnet. Mit Hilfe

von Schieberegler kann zudem die Fläche unter den Funktionsgraphen der beiden geschätzten Dichtefunktionen eingefärbt werden, das durch die Angabe des Flächeninhalts ergänzt wird. Mit Hilfe dieser ‚Tools‘ wird der Zusammenhang zwischen Boxplots und Dichtefunktionen besser visualisiert und von den Lernenden leichter erkannt: „Ich glaube, das ist ganz hilfreich, um das zu verstehen und ich finde es super, dass man da mit der Leiste [Schieberegler, der den Flächeninhalt einzeichnet] und die Quantile dazu ...“ (Interview SchülerIn A). Ergänzt wird dies durch einen weiteren Schieberegler, mit dem zur eingefärbten Fläche unter dem Funktionsgraphen der geschätzten Dichtefunktion der Graph der geschätzten Verteilungsfunktion gezeichnet werden kann (siehe auch Abbildung 1). Dadurch können die Lernenden selbstständig den Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeitsdichte und Verteilungsfunktion erfassen: „Das geht auf jeden Fall. [...] Sonst ist das immer etwas Abstruses. Da haben sie immer die Dichtefunktion und dann die Verteilungsfunktion und keiner hat [in Bezug auf den Zusammenhang] eine Ahnung warum.“ (Interview Lehrperson B).

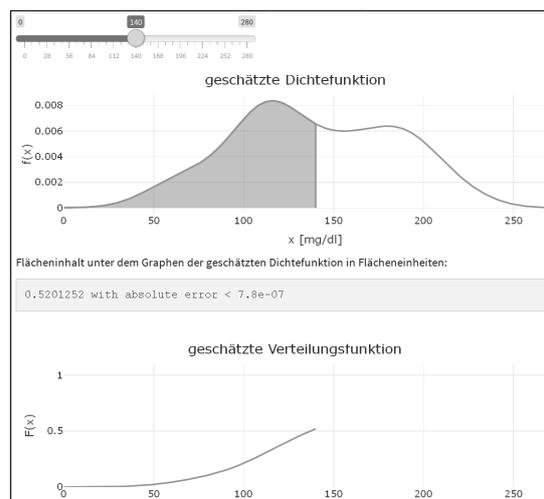


Abb. 1: Visualisierung des Zusammenhangs von Dichte- und Verteilungsfunktion

3.2 Modul II: Multiorganversagen

Das zweite Modul stellt die beurteilende Statistik ins Zentrum, indem Konfidenzintervalle, Odds Ratios und Testtheorie im Fokus stehen. Dies geschieht vor dem Kontext auftretender Multiorganversagen in den beiden Behandlungsgruppen FFP und CFC, wobei – wie auch in der Studie selbst – von den Schülerinnen und Schülern ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines multiplen Organversagens und der Behandlungsgruppe beurteilt werden soll.

Durch die kontextbezogene Betrachtung von Konfidenzintervallen haben die Lernenden zum einen die Möglichkeit, dieselbigen als eine Art des Schätzens unbekannter Werte kennen und das daraus resultierende Intervall richtig interpretieren zu lernen. Zum anderen wird ihnen im Zuge dessen der Übergang von einer untersuchten Teilpopulation auf die Grundgesamtheit bewusst gemacht. Sie können den Einfluss unterschiedlicher Parameter auf die Breite von Konfidenzintervallen und damit insbesondere – hinsichtlich der praktischen Durchführung von Datenerhebungen – die Rolle des Stichprobenumfangs erkennen: „Je höher man eben den Stichprobenumfang macht, desto kleiner wird die Breite der Konfidenzintervalle.“ (Interview SchülerIn C). Gerade der Einsatz von digitalen Medien lässt hier abstraktere Konzepte anschaulicher wirken (Burrill 2014, S. 156). Dies wurde in der WebApp verwirklicht, indem etwa mit Schiebereglern der Einfluss unterschiedlicher Parameter, wie Stichprobenumfang, Standardabweichung oder Irrtumswahrscheinlichkeit, auf die Breite von Konfidenzintervallen visualisiert werden kann (siehe auch Abbildung 2).

Nachdem die Schülerinnen und Schüler bereits durch die Betrachtung von Konfidenzintervallen aufgefordert werden, eine Hypothese zu einem möglichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Multiorganversagens und den Behandlungsgruppen aufzustellen, wird abschließend zum Testen übergegangen, um im strengeren Sinne beurteilen zu können, ob zwei Merkmale statistisch voneinander abhängig sind. Hierfür bedarf es Tests, wie des exakten Tests nach Fisher. Auch wenn dieser Hypothesentest nicht

leicht zu verstehen ist (Klika et al. 2002, S. 270), bietet er für die Lernenden gute Einsichten in die Arbeit der Autorinnen und Autoren der RETIC-Studie und liefert interessante Erkenntnisse zur Untersuchung: Aufgrund des vorzeitigen Abbruchs der Studie konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Behandlungsgruppe und dem Auftreten eines Multiorganversagens belegt werden. Der Stichprobenumfang, also die Anzahl an eingeschlossenen Patientinnen und Patienten fiel dadurch deutlich geringer aus. Durch die in der WebApp gegebene Visualisierung können die Schülerinnen und Schüler das Testergebnis leicht ablesen und mit Hilfe der zur Verfügung gestellten ‚Tools‘ den Einfluss des Stichprobenumfangs und der Irrtumswahrscheinlichkeit ebenso leicht beurteilen.

4 Einsatz im Unterricht

Wie bereits erwähnt wurde, ist die WebApp in eine engere Lernumgebung eingebettet. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler anhand konkreter Aufgabenstellungen durch die Module geleitet werden und sich so individuell, ihrem Tempo entsprechend, die Konzepte erarbeiten können. Bei den Aufgabenstellungen wird zwischen Verständnisschecks und Arbeitsaufträgen unterschieden. Erstere sollen zu einer Klärung der Inhalte führen, bevor zweitere sinnvoll bearbeitet werden. Die Lehrperson tritt dabei als Lernbegleiterin/-begleiter auf. Durch die Eigenaktivität der Lernenden kommt es zum einen zu einer besseren Verarbeitung des Wissens und zum anderen zu einer Motivationssteigerung, die sich in substanziellen Lernerfolgen zeigt

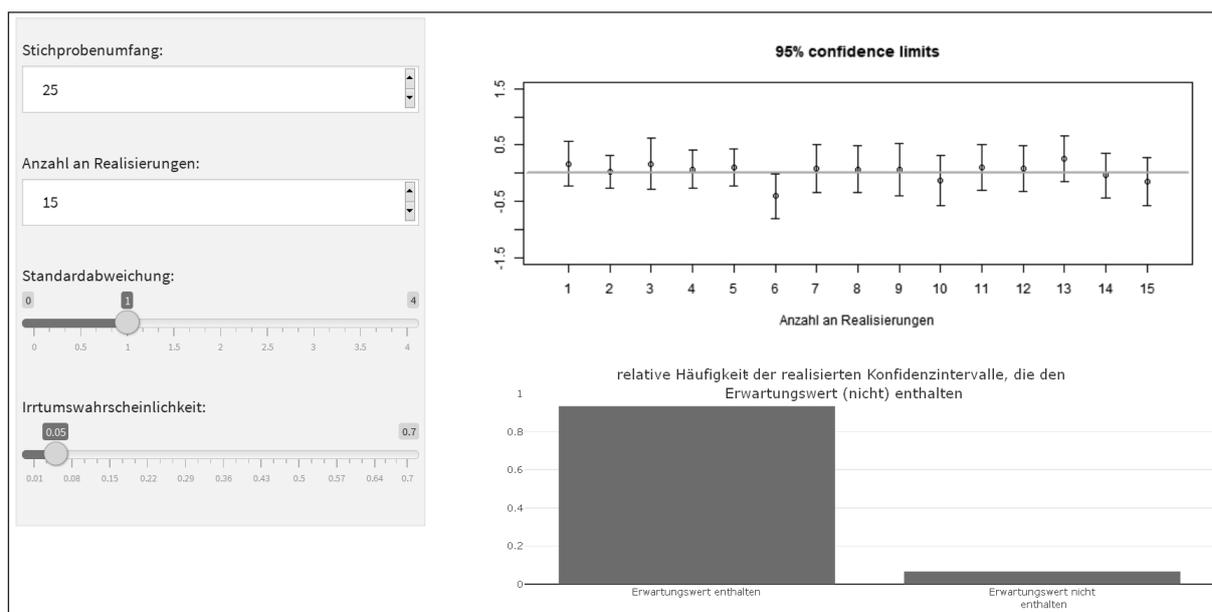


Abb. 2: Visualisierung von Konfidenzintervallen und des Einflusses diverser Parameter auf deren Breite

(Ulm 2009, S. 94–95): „Ich finde es grundsätzlich gut, solche Dinge zu entwickeln, Schülern solche ‚Tools‘ zu geben, sich Wissen eigenständig zu erarbeiten oder einfach zum Vertiefen. [...] Und somit haben sie [die Schülerinnen und Schüler] dann ein gutes ‚Tool‘, um ihr Wissen zu verbessern.“ (Interview SchülerIn C).

Diese zuvor genannten substanziellen Lernerfolge werden durch die WebApp noch einmal besonders vorangetrieben, indem insbesondere dynamische Visualisierungsmöglichkeiten die Anschaulichkeit in einem großen Maße fördern und neue Einblicke in mathematische Sachverhalte geben: „Es sind zwar mittlerweile in den Büchern auch viele Abbildungen drinnen. Aber hier sehen sie durch die Schieberegler wirklich den Zusammenhang. Das kann einen großen Beitrag für die Vorstellung leisten.“ (Interview Lehrperson A). Darüber hinaus werden die Schülerinnen und Schüler in der WebApp aufgefordert, Vermutungen aufzustellen, die mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Werkzeuge wiederum schnell überprüft werden können, wie es etwa im Modul II mehrfach umgesetzt wurde. In diesem Sinne werden alltagsrelevante, dynamische Fähigkeiten, wie Vermutungs-, Begründungs- und Problemlösestrategien ausgebaut (Haug 2012, S. 11–12). Dies wurde auch von den Lernenden positiv angenommen: „Ich habe die [Aufgabenstellungen] besonders gern gemocht, wo man nach einer Hypothese oder so gefragt worden ist, weil es auch so selber denken und so ist.“ (Interview SchülerIn B).

Durch den digitalen Zugang können zudem größere Datenmengen verarbeitet werden, womit die Betrachtung der RETIC-Studie ermöglicht wird. Neben den in der Einleitung erwähnten lernpsychologischen Zielen, sind mit dem Realitätsbezug weitere Bestrebungen verbunden. Dazu zählen pragmatische Ziele, wie die Vermittlung außermathematischen Wissens, oder kulturbezogene Ziele, indem ein anwendungsorientierter Mathematikunterricht den Lernenden ein möglichst ausgewogenes Bild von Mathematik als kulturelles und gesellschaftliches Gesamtphänomen vermitteln soll (Daume 2009, S. 78). Dies kann durch die WebApp laut Evaluierung erreicht werden: „Ich finde, dass auch das Thema super ist, weil es interessant ist, generell. Und auch, wenn Mathe nicht nur theoretisch ist, sondern praxisbezogen, ist es generell interessanter.“ (Interview SchülerIn B). Von einem fächerübergreifenden Unterricht, etwa mit dem Unterrichtsfach ‚Biologie und Umweltkunde‘, wird

dabei jedoch abgesehen, da dieser in der Umsetzung sehr herausfordernd wäre.

Die Einsatzmöglichkeiten der WebApp reichen vom mathematischen Regelunterricht bis hin zu Leistungskursen. Während in ersterem die Konzepte verstehensorientiert erarbeitet werden können, können in letzteren die Inhalte vertieft betrachtet werden, wie etwa der exakte Test nach Fisher. Eine individuelle Förderung und Forderung der Schülerinnen und Schüler wird damit ermöglicht.

Zusammengefasst wird der Mathematikunterricht durch die WebApp aufgewertet, da man laut Lernenden und Lehrenden zum einen ein durchgängiges Beispiel mit Praxisbezug habe, das diverse Konzepte der Stochastik aufeinander aufbauend beleuchte, wodurch klar werde, dass man Wahrscheinlichkeitsrechnung auch mit konkreten Daten betreiben könne. Zum anderen würden die diversen Visualisierungsmöglichkeiten, Schieberegler und Eingabemöglichkeiten einen wesentlichen Beitrag zur Veranschaulichung leisten, wie mehrfach bestätigt wurde.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mathematische Inhalte selbst zu erarbeiten, erfordert von den Schülerinnen und Schülern zwar viel Leistung. Jedoch hat die eigenständige Erarbeitung positive Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit des Lernens und die Motivation der Lernenden (Messner 2012, S. 344; Ulm 2009, S. 94). Auch die Vertreterinnen und Vertreter der Kompetenzorientierung, die in den letzten Jahrzehnten immer mehr Einzug in den Schulen fand, fordern selbstständiges, entdeckendes Lernen im Unterricht ein (Thaller 2012, S. 181). Neben dem eigenständigen Lernen spielt in der Kompetenzorientierung, aber auch im Lehrplan, der Bezug zur realen Welt für das Lernen der Schülerinnen und Schüler eine große Rolle. Auch wenn es oftmals mehr Zeit braucht, um reale Probleme zu durchdringen, kann es durch Anwendungsorientierung gelingen, ein entsprechendes Bild der Mathematik zu vermitteln und je nach Thema eine Motivationssteigerung zu erzielen (Daume 2009, S. 81). Die hier vorgestellte WebApp ‚RETIC-Studie in der Schule‘ ist ein gutes Beispiel, das all die oben genannten Erfordernisse berücksichtigt. Ebenso die von Daniel Lackner entwickelte WebApp ‚Stochastik mit extremen Schneehöhen‘, die auf ähnlichen Überlegungen beruht und ebenfalls unter <https://fachdidaktik-mathematik.uibk.ac.at> verfügbar ist.

Literatur

- Biehler, R., & Engel, J. (2015): Stochastik. Leitidee Daten und Zufall. In: Bruder, R., Hefendehl-Hebeker, L., Schmidt-Thieme, B., Weigand, H. (Hrsg.): *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, S. 221–251.
- Burrill, G. (2014): Tools for Learning Statistics. Fundamental Ideas in Statistics and the Role of Technology. In: Bender, P., Fischer, P., Frischmeier, D., Hochmuth, R., Wassong, T. (Hrsg.): *Mit Werkzeugen Mathematik und Stochastik lernen – Using Tools for Learning Mathematics and Statistics*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 153–164.
- Daume, P. (2009): Finanzmathematik im Unterricht. Aktien und Optionen. Mathematische und didaktische Grundlagen mit Unterrichtsmaterialien. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Duden (2020): Trauma. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Trauma>. (Zugriff: 20.4.2020).
- Eichler, A., & Vogel, M. (2013): Leitidee Daten und Zufall. Von konkreten Beispielen zur Didaktik der Stochastik. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Haug, R. (2012): Problemlösen lernen mit digitalen Medien. Förderung grundlegender Problemlösetechniken durch den Einsatz dynamischer Werkzeuge. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Hiippala, S. T., Myllylä, G. J., & Vahtera, E. M. (1995): Hemostatic factors and replacement of major blood loss with plasma-poor red cell concentrates. In: *Anesthesia and analgesia*, 81(2), S. 360–365.
- Innerhofer, P., Fries, D., Mittermayr, M., Innerhofer, N., von Langen, D., Hell, T., Gruber, G., Schmid, S., Friesenecker, B., Lorenz, I. H., Ströhle, M., Rastner, V., Trübsbach, S., Raab, H., Tremel, B., Wally, D., Treichl, B.; Mayr, A., Kranewitter, C., & Oswald, E. (2017): Reversal of trauma-induced coagulopathy using first-line coagulation factor concentrates or fresh frozen plasma (RETIC): a single-centre, parallel-group, open-label, randomised trial. In: *The Lancet. Haematology*, 4(6), S. 258–271.
- Jahnke-Klein, S. (2014): Benötigen wir eine geschlechtsspezifische Pädagogik in den MINT-Fächern? Ein Überblick über die Debatte und den Forschungsstand. In: Budde, J.; Siedenbiedel, C.; Theurer, C. (Hrsg.): *Lernen und Geschlecht*. Immenhausen: Prolog-Verlag, S. 46–67.
- Klika, M., Tietze, U., & Wolpers, H. (2002): Mathematikunterricht in der Sekundarstufe II. Didaktik der Stochastik. Band 3. Braunschweig-Wiesbaden: Vieweg.
- Krüger, K., Sill, H., & Sikora, C. (2015): Didaktik der Sekundarstufe I. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Messner, R. (2012): Forschendes Lernen als Element praktischer Lehr-Lernkultur. In: Blum, W.; Borromeo Ferri, R.; Maaß, K. (Hrsg.): *Mathematikunterricht im Kontext von Realität, Kultur und Lehrerprofessionalität*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, S. 334–346.
- Thaller, B. (2012): Die Förderung von Kompetenzen im Fach Mathematik. In: Paechter, M.; Schmolzer-Eibinger, S.; Slepcevic-Zach, P.; Stock, M.; Weirer, W. (Hrsg.): *Handbuch kompetenzorientierter Unterricht*. Weinheim-Basel: Beltz, S. 171–187.
- Ulm, V. (2009): Eine natürliche Beziehung. Forschendes Lernen in der Mathematik. In: Messner, R. (Hrsg.): *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*. Hamburg: Ed. Körber-Stiftung, S. 89–105.

Anschrift der VerfasserInnen

Tobias Hell
Institut für Mathematik
Universität Innsbruck
Technikerstr. 13
6020 Innsbruck
tobias.hell@uibk.ac.at

Petra Innerhofer
Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin
Universitätsklinik Innsbruck
Anichstr. 35
6020 Innsbruck
petra.innerhofer@tirol-kliniken.at

Andreas Leitner
Oberdorf 102
6252 Breitenbach am Inn
leitner.andreas7@aon.at

Florian Stampfer
Institut für Fachdidaktik
Universität Innsbruck
Technikerstr. 25
6020 Innsbruck
florian.stampfer@uibk.ac.at