

ISSN 2405-6057

Progress in Science Education

open access journal

Special Issue:
Proceedings of the DiNat
Forum 2020

Volume **3**

Number **2**

Year **2020**



Editor in-Chief *Nicolas Robin, St. Gallen University of Teacher Education, Switzerland*

Managing Editor *Sanja Atanasova, St. Gallen University of Teacher Education, Switzerland*

Editorial Board *Katrin Boelsterli Bardy, University of Teacher Education Lucerne, Switzerland*
Urs Kocher, University of Teacher Education Locarno, Switzerland | Andreas Mueller, University of Geneva, Switzerland | Andreas Nehring, Leibniz University Hannover, Germany | Sascha Marc Schmeling, CERN International Relations

PriSE – Editorial Office *PHSG Institut Fachdidaktik Naturwissenschaften,
St. Gallen University of Teacher Education, Notkerstrasse 27, 9000 St. Gallen, Switzerland*
Email: PrISE-editors@cern.ch

Aims and Scope

Science education is a highly dynamic field of applied and basic research and of research-based development. Its ideas and problems arise at the intersection of theoretical and empirical research and of educational practice in science classrooms, informal learning and teacher education, of the important and manifold relations of modern societies with science and education, and of a scientific, evidence-based approach to science teaching and learning and science literacy.

In this framework, the open access journal Progress in Science Education (PriSE) aims at stimulating exchange between researchers, teachers, and other stakeholders in the field, trying to investigate their ideas and visions, and to suggest approaches for an effective and sustainable development of science education in and out of school. Progress in Science Education and CERN as publisher propose a new dynamic platform, offering the possibility of peer reviewed, timely publication of high quality research papers in four languages (English, French, German and Italian).

With its online open access format it will be accessible for free to a large European and overseas public, including teachers. PriSE is addressing in particular young researchers with the intention to publish their first scientific results. It welcomes quantitative and qualitative empirical research, as well as theoretical, philosophical, programmatic, sociological and historical work, coming from all areas of science education (life, physical, earth, environmental and integrated science), from the intersection with neighboring fields (mathematics, engineering, computer education), and intended for all age groups of learners

TABLE OF CONTENTS

EDITORIAL

11th Forum DiNat and VGD/AD - Proceedings

ARTICLES

- PROFESSIONAL DEVELOPMENT IN THE SCHOOL INSTITUTE “DISCOVERY EXPERIMENTATION” – FRAMEWORK AND FIRST RESULTS 1
MARKUS EMDEN, ARMIN BAUR, ARNE BEWERSDORFF
- SENSE OF BELONGING TO SCIENCE – ENTWICKLUNG EINES ERHEBUNGSINSTRUMENTS FÜR LEHRAMTSSTUDIERENDE 10
MARKUS SEBASTIAN FESER
- DAS POTENZIAL PHILOSOPHISCHER GESPRÄCHE IM BIOLOGIEUNTERRICHT ZUM THEMA EVOLUTION 37
DEBORAH BERNHARD, MARKUS WILHELM, DOMINIK HELBLING
- JUMPING TO SCIENCE RATHER THAN POPULARIZING: A REVERSE APPROACH TO UPDATE IN - SERVICE TEACHER SCIENTIFIC KNOWLEDGE 54
FRANÇOIS LOMBARD, DANIEL SCHNEIDER, LAURA WEISS

RESEARCHED BASED REPORT OF PRACTICE

- COMPREHENDING DIGITIZATION AND DIGITALIZATION – DEVELOPMENT OF A PHENOMENOLOGICAL ACCESSTO ANALOG AND DIGITAL TECHNOLOGY 22
SVANTJE SCHUMANN
- BRENNPUNKT NACHHALTIGKEIT – BEITRAG EINER DIGITALEN LERNPLATTFORM ZU TRANSFORMATIVEM LERNEN UND TRANSFORMATION IN RICHTUNG NACHHALTIGER ENTWICKLUNG 29
LILIAN JULIA TRECHSEL, ROLF PETER TANNER
- IMMERSIVE VIRTUELLE REALITÄT MIT VR-BRILLEN IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT: POTENTIALE UND HERAUSFORDERUNGEN 49
ROLF BÜRKI, JOSEF BUCHNER

EDITORIAL

11th Forum DiNat and VGD/AD - Proceedings

Editors

Kostas Kampourakis¹ and Andreas Müller¹

¹University of Geneva, Switzerland

The 11th Forum DiNat and VGD/ADG took place in Geneva on January 23 and 24, 2020. The conference was organized by the science education group at the Faculty of Science and at the Teacher Training Institute of the University of Geneva, in collaboration with the Swiss Science Education Association (DiNat) and the Swiss Association for Geographic Education (VGD/ADG). Overall, ninety registered participants from all over Switzerland attended the meeting, along with teachers, teacher educators, and graduate students from the University of Geneva. A general impression was that the 11th Forum was a successful conference, which maintained a friendly atmosphere from beginning to end and which facilitated useful and stimulating discussions among participants, between researchers and practitioners, as well as between different disciplines.

There were two keynote talks. The first one “CERN – Cutting-edge Research on the Structure of Matter, and a Mission for Science Education” was given by Dr Sascha Schmeling of the Physics Education department of CERN. The other keynote talk, “The roles of emotions in learning”, was given by David Sander of Swiss Center for Affective Sciences, University of Geneva. Both keynote talks had a large audience and were met with keen interest.

There were sixteen sessions with oral presentations, organized in four strands of four parallel sessions each and one poster session. This format allowed participants to attend many of the presentations. The themes of the sessions were the following:

- Roles and features of tasks
- Experiments in science education
- New media
- Higher order competencies
- Out-of-school learning (2 sessions)
- Education for sustainable development (3 sessions)
- Primary science teaching
- Modern Physics
- Evolution education
- Teacher education: Programs
- Teacher education: Innovations
- Teacher education and practice: Special aspects
- Teacher education and practice: Emotions and perceptions

The total number of oral presentations was forty-six. There were twenty-five presentations in German, eleven in French and ten in English. There were also nine posters presenting during the poster session. A series of peer-reviewed papers emerged from these presentations, which are included in the present special issue.



Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

PROFESSIONAL DEVELOPMENT IN THE SCHOOL INSTITUTE “DISCOVERY EXPERIMENTATION” – FRAMEWORK AND FIRST RESULTS

Markus Emden¹, Armin Baur², Arne Bewersdorff²

¹Zurich University of Teacher Education, Switzerland, markus.emden@phzh.ch (ORCID: 0000-0002-7111-3673)

²Heidelberg University of Education, Germany, baur@ph-heidelberg.de (ORCID: 0000-0001-5950-7613) and bewersdorff@ph-heidelberg.de (ORCID: 0000-0002-9725-268X)

STRUCTURED ABSTRACT

Background: Professional development (PD) in science education is understood to be influenced by personal dispositions as well as by the quality of formal learning opportunities for teachers. Some beneficial promoters of PD can be identified: duration of a PD programme, active learning of participants, content focus, coherence, collective participation. Respecting these promoters in PD programmes is expected to favourably influence teachers' professional knowledge, their beliefs about teaching, their teaching practices, and – in extension – student achievement. All these aspects (development of professional competence, promoters of PD, relevant goal variables of PD) can be merged into a coherent framework that can inform empirical studies as well as the design of PD.

Purpose of this study is to check the validity of one of the promoters by contrasting variant settings regarding “active learning” in two formats of PD. In one of these, participants are encouraged to intensively collaborate and coach each other (PD institute) while teachers' progress in the other format (personal PD) is left to their own disposal with the coaching function falling exclusively to the professional developers.

Sample/Setting: Forty-six teachers from eight secondary schools in Baden-Wuerttemberg (Germany) participated in the PD programme (PD institute: $n = 22$, personal PD: $n = 24$). The programme lasted for three consecutive semesters (1.5 academic years). Teachers were introduced to a novel approach to teaching through inquiry: “Discovery Experimentation” as a form of opened experimentation (semester 1). All the teachers were observed twice in their teaching (semesters 1 and 2) which formed the core of subsequent coaching sessions either in the teacher group (PD institute) or individually with professional developers (personal PD). The third semester served as a fade-out phase to still have professional developers available but without intensified personal engagement.

Design and Methods: This is a quasi-experimental study. Quantitative data were surveyed from teachers – over four points of measurement – on their pedagogical content knowledge (PCK) and their beliefs about teaching with opened experimentation. Paper-and-pencil-tests and -questionnaires prove to survey reliably (PCK: $\alpha = .853$, beliefs: average from four subscales $\alpha = .738$). Most teachers were video-taped twice (semesters 1 and 2); this is the focus of a separate video study on teaching practices the results of which are pending. Data survey has not yet been completed – thus, the reported data are provisional allowing, nonetheless, to identify general trends.

Results: Trends in teachers' developing beliefs about teaching with opened forms of experimentation suggest that the PD can contribute to advancing these. Regarding the experimental conditions, the PD institute appears more promising when it comes to improving an understanding of the significance of opened experimentation, and to decrease inhibitors to implementing opened experimentation. We suggest that this is due to increased discourse amongst teachers in the PD institute. PCK develops positively for the duration of the programme but without remarkable effect.

Conclusions: Professional developers should actively encourage teachers to collaborate and discuss content and implications from a PD programme. Left to their own impetus, teachers can easily miss (if not avoid) the development potentials of a formal learning opportunity. This might, ultimately, render any attempts at PD fruitless.

Keywords: professional development; inquiry-based learning; experimentation; beliefs, intervention study; quasi experiment

Received: March 2020. **Accepted:** May 2020



1 INTRODUCTION

Science education is a dynamic phenomenon, it is always *in flux*: be it due to reforms triggered by science education research (e.g., Anderson, 2002; Osborne, 2014), be it to – politically – react to novel challenges in a changing world (e.g., Kolisang, 2013; Moch, 2011; Ostermeier, Prenzel & Duit, 2010), or be it simply to account for innovation in a domain (e.g., McMorran & Warren, 2012; Schulz, 2009). Today's science education might share some features of the science education from past decades (Brotherton & Preece, 1995; DeBoer, 2006; Gagné, 1965) but in other features it is radically different (Köller & Parchmann, 2012; Schecker, 2012).

The “problem” in this is that paradigms in science education tend to change faster than the staff at schools, who are responsible for fulfilling science education's mission. For this reason, programmes of pre-service teacher training are augmented with in-service professional development (PD) that teachers are encouraged – if not compelled – to attend throughout their professional lives.

This is meant to allow schools to “quickly” react to novel challenges and to adopt to these. It is the educational system's lever to preserve a degree of dynamism instead of being obliged to wait for demographic transition of teacher generations for accomplishing change in classrooms. Little is known in how far PD programmes deliver on this expectation (Kunter, Kleickmann, Klusmann & Richter, 2013; Richter, 2011). Some evidence points disappointingly into directions of ineffectualness (Lipowsky, 2014; van Driel, Beijaard & Verloop, 2001, p. 140), some to more hopeful views of realized accountability (Desimone & Garet, 2015; Garet, Porter, Desimone, Birman & Yoon, 2001).

This article introduces the framework, design, and first results of an intervention study in a novel PD format on scientific inquiry as an instructional approach. The framework is derived from earlier research on professional competence (Kunter, Baumert et al., 2013) and on PD research in scientific inquiry settings (Capps & Crawford, 2013; Capps, Crawford & Constanas, 2012). The study is a quasi-experimental intervention study investigating the PD's impact on teachers' cognition and attitudes as well as on students' cognition. First results will be presented primarily regarding teacher beliefs and PCK – this is to respect the manuscript's limitations in length as well as the data's provisional character as survey has not yet been completed, some schools are still participating in the programme.

2 FRAMEWORK

The suggested framework derives from two traditions of education research: (1) German COACTIV's research (Cognitive Activation in the Mathematics Classroom) and models of professional competence (Kunter, Baumert et al., 2013); (2) research findings from the US's Dwight D. Eisenhower Professional Development Program (Garet et al., 2001; Garet, Birman, Porter,

Desimone & Herman, 1999). The framework merges essential findings from these approaches, thereby extending their primarily descriptive powers to account for more specific correlations. An in-depth introduction to the framework can be found in Emden and Baur (2017).

2.1 Professional Competence and its Development

Starting point for COACTIV is their model of professional competence (Baumert & Kunter, 2013). Teachers' professional competence has, for a long time, been viewed from two polar perspectives: competence as a natural gift vs. competence as acquired expertise – so, at one extreme, one would be “doomed” to be a good/bad teacher, at the other extreme, “anyone” could become a good teacher. Both extremes cannot satisfy a general idea of teachers-to-be who might build on their personal dispositions to develop into good teachers by studying and reflective practice.

COACTIV takes the latter perspective and assumes that professional competence can be purposefully developed. Professional competence serves as the head term for a complex interrelatedness of: (a) teachers' professional knowledge, (b) their beliefs, values, and goals regarding teaching, (c) their motivational characteristics, and (d) their self-regulation skills (Baumert & Kunter, 2013).

Professional knowledge – in itself a contested term – has been introduced by Shulman (1987). Most current frameworks agree on three distinct aspects of professional knowledge: teachers need (a) content knowledge (CK: know what to teach), (b) pedagogical knowledge (PK: know how to teach), and (c) pedagogical content-knowledge (PCK: know how to teach what) (e.g., Fischer, Borowski & Tepner, 2012). Shulman (1987, p. 8) refers to PCK as “that special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the province of the teachers, their own special form of professional understanding”. It is this knowledge – e.g., to know why learning about atoms is hard for students and how these difficulties might be overcome – that distinguishes the professional science teacher from the professional science researcher and from the professional pedagogue. For PD in science education, the nexus between CK and PCK appears to be especially crucial, with PK arguably being applicable to teaching generally irrespective of subject.

Developing professional competence is viewed as the result of a process in which a proposal for development is submitted to teachers, who take it up and put it to individual use, which eventually will affect their professional actions. The complete process, however, unfolds before the backdrop of personal, political, and institutional conditions and limitations, each of which can influence the teachers' acceptance and understanding of the proposal (see squared boxes in Fig. 1.; Kunter, Kleickmann et al., 2013). In this understanding, professional competence is to some degree acquired expertise (realization of proposal-uptake) and to some

degree “fated” determination (influence of personal and contextual factors).

2.2 Promotors of Professional Development

Garet and colleagues (1999, 2001) investigated structural conditions of PD opportunities for mathematics and science teachers in the Dwight D. Eisenhower Professional Development Program (Improving America's Schools Act, 1994). They could identify five factors that promoted the effectiveness of PD on teacher understanding and ultimately on their practices: PD programmes benefitted from (1) extended duration of the programme (Adey, 2006; Lipowsky, 2014), (2) when active learning of the participants was encouraged, (3) when clear content focus was provided, (4) when content was coherent with teachers’ working conditions (Davis, Janssen & van Driel, 2016; Timperley, Wilson, Barrar & Fung, 2007), (5) when participants learned in professional learning communities (van Driel et al., 2001). Arranging these factors in a structural equation model yielded an explained variance on teacher cognition of $R^2 = .517$, and in extension on changed teaching practice ($R^2 = .416$; Garet et al., 2001). These findings correspond with a compilation by Tinoca (2004) and some of the aspects for effective professional learning communities identified by Bolam, McMahon, Stoll, Thomas, and Wallace (2005).

2.3 A Framework for Planning Professional Development

These five promotors of PD can be used to underlay the COACTIV-model of PD (see rounded boxes in Fig. 1): e.g., the beneficial influence of extended programmes becomes self-evident when one realizes that learning takes time as it presupposes reflection and opportunities to discuss (Justi & van Driel, 2005). A “one-off” course is insensitive to this need by design: teachers come, listen, and leave, i.e. they are left to themselves before they can identify potential misunderstandings and problems, there is simply no room provided for clarification that reflection might necessitate. Likewise, active learning has been understood to be prerequisite for understanding since the advent of constructivism (e.g., Hood Cattaneo, 2017). Focussing on content that is coherent with teachers’ needs and conditions will make them realize the benefits and, thus, trigger change (Gräsel & Parchmann, 2004). Integrating an innovation into a community of practice, again, requires joint learning and discussion so that learning in professional communities proves favourable almost naturally (Knight, 2002). Lastly, DiBiase (2014, p. 26) highlights that PD that does not “focus on specific content [...] has little to no impact on teacher practice”. Regarding professional knowledge, this model does not address PK expressly as this component is understood to be more general to teaching, while the model aims at supporting PD with subject-specific content.

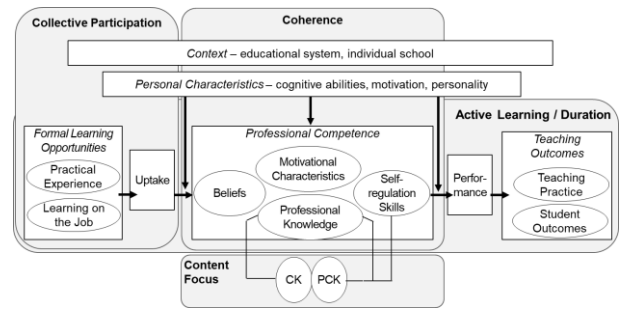


Fig. 1. Design- and Effect-Framework for Professional Development (translated from Emden & Baur, 2017)

3 PROFESSIONAL DEVELOPMENT INSTITUTE “DISCOVERY EXPERIMENTATION”

The framework (Fig. 1) served to design a PD format that aimed at respecting all of the cited promotors. This format was dubbed “professional development institute” to contrast it from a second format realized in the intervention study, the personal PD. These formats were designed as similar to each other as possible with a variation in only one of the promotors (Tab. 1).

Tab. 1. Setting of Promotors in the Study

	PD institute	personal PD
Active learning	lecture-style input plus discussions, development tasks for teachers; collaboration between teachers is encouraged; lesson observations and discussions with colleagues and professional developers	individual work, lesson observations and discussions just with professional developers
Duration	three semesters (induction, supervision, fade-out), each of 0.5 academic years	
Coherence	reference to current curricula, consideration of school’s/teacher’s wishes and limitations (e.g., CK or infrastructure)	
Content focus	introducing “Discovery Experimentation” (see below)	
Collective Participation	PD formats address teachers of one school (professional learning community)	

3.1 Content Focus “Discovery Experimentation”

Teachers were introduced to a novel concept that aimed at informing their lessons on experimentation (inquiry as “an instructional approach”; Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012). Since the advent of German science education standards (KMK, 2005-c) there has been an increasing challenge on teachers to reform their implementation of science experiments from serving illustrative to serving sense-making purposes. Teachers are often unsure how to introduce their students to becoming self-reliant inquirers into nature (Capps, Shemwell & Young, 2016) as they themselves frequently do not know what scientific inquiry means (Furtak et al., 2012; Osborne, 2014) or what it entails (not just hands-on: Hodson, 2014). The proposed concept, first of all, sensitizes teachers to the conceptual difference between experiments and other forms of hands-on-experience by defining that an experiment is: (1) a deliberate

investigation of nature, (2) in which variables are identified and controlled, usually including (3) control and (4) test set-ups, which (5) lead to reproducible observations. Teachers are given to understand that other hands-on approaches serve valuable functions, too, but that one must be precise when referring to an experiment.

The novel concept suggests teachers to consider five aspects when preparing to teach experimentation in their classes (Emden & Baur, 2017): (1) students execute the experiments, (2) they are made aware that inquiry is a structured process (e.g., question-hypothesis-investigation-conclusion), (3) they reflect the inner logic of this sequence, (4) they discover something “new” for them, (5) they are led gently to be fully responsible for the process (opening experimentation). Teachers are introduced to a matrix that can help them fading students into the inquiry process (Baur & Emden, 2020).

3.2 Sample, Design, Methods

The PD programme was administered in three overlapping waves to teachers from eight secondary schools (Tab. 2 and Fig. 2). Teachers of a school were assigned to either the PD institute- or the personal PD-condition based on their own estimation of how encultured collaboration was at their school. This approach to assigning experimental conditions was chosen to account for the probability that, if teachers who routinely collaborate with each other were assigned randomly to the personal PD condition, they could possibly not refrain from collaborating, nonetheless. At the same time, it is acknowledged that this might bias findings to some degree.

Tab. 2. Cross Table detailing the study's sample

	female	male	total
PD institute	21	1	22
personal PD	17	7	24
	38	8	46

Teachers were introduced to the concept, its background and practical suggestions in three 3-4 h-workshops over the course of 0.5 academic years (first semester). Twice, their lessons were observed and discussed in either group or personal consultations in the first and second semesters; the third semester served as a fade-out phase in which professional developers still were available but did not engage personally on a regular basis.

Data were gathered with respect to the change in four variables that Capps and Crawford (2013) have claimed to be decisive regarding the effectiveness of PD and that have not been surveyed coherently before (Capps et al., 2012): (1) teachers' cognition, (2) teachers' beliefs, (3) teachers' lesson practice, (4) students' cognition. Times of data sampling can be read from Figure 2. The survey is ongoing and, thus, portions of analyses are pending at the time of this report.

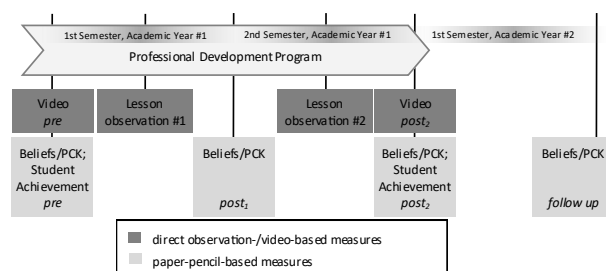


Fig. 2. Study Design

The design is meant to answer these research questions:

Does PD which is based on the identified promotors generally improve beliefs and PCK?

Does the variation in one of the promotors (active learning: collaboration vs. personal) lead to differential changes in beliefs and PCK?

Data for PCK and beliefs were surveyed with paper-and-pencil tests – the same tests and questionnaires were administered in each instance. Existing instruments were adapted for this purpose: Teachers' PCK on experimentation was surveyed with a Vignette-test (Schmitt, 2016) in which teachers ranked the appropriateness of teaching situations related to experimentation. Their rankings were scored with regard to aggregated expert rankings. Rankings that resembled the expert ranking scored higher than divergent rankings (Schmitt, 2016). The test relies on a three-dimensional test model (Tepner et al., 2012) which differentiates between (1) facets of PCK (here: inquiry-based experimentation), (2) types of PCK (declarative knowledge elucidating “What is [facet]?”, procedural knowledge: “How to teach [facet]”, conditional knowledge: “Which conditions need to be met with my students before some aspect of [facet] may be addressed?”), and (3) contexts of application (e.g., experiments on redox- or acid-base-reactions). The test has been in development and use since 2012 with Schmitt (2016) giving its reliability at $\alpha = .75$ and Anthofer (2017) at $\alpha = .77$, respectively. Even if the test investigates PCK on inquiry-based experimentation (not on “Discovery Experimentation”), it is assumed that Discovery Experimentation is sufficiently rooted in scientific inquiry as to detect changes in teachers' PCK due to the PD.

Teacher beliefs on inquiry-based learning were surveyed with items from the teacher questionnaire of project PRIMAS (Promoting Inquiry-based Learning in Mathematics and Science Education Across Europe; Engeln, Euler & Maass, 2013), which introduce personal statements regarding teachers' beliefs concerning inquiry-based learning. Teachers rate these statements on a four-point Likert scale ranging from 1 (disagree completely) to 4 (agree completely). For the present study, item packages 12-15 from the teachers' questionnaire were selected (Engeln, 2013) – item packages 13 and 14 were adapted to focus on opened experimentation to account for the PD's content focus on “Discovery Experimentation”.

Regarding teacher practice, the development and evaluation of a coding scheme for lesson-videos is

subject of a PhD-thesis (Bewersdorff, Baur & Emden, 2020); student performance was surveyed with an abbreviated version of Glug’s (2009) achievement-test – students worked on the same test forms in both surveys. This presentation of first results will focus on teachers’ beliefs and PCK as other analyses are pending.

4 RESULTS

(I) Beliefs: In order to investigate the test instrument’s psychometric quality, data of all available questionnaires were combined irrespective of time of sampling (N = 144).

The items that were adopted from project PRIMAS yield four subscales (Tab. 3), which in their majority show acceptable if not good internal consistency values (Cronbach’s α) – concessions have to be made with regard to “Significance of Opened Experimentation for Science Teaching and Learning” which often yields values $.50 < \alpha < .70$, still allowing for group comparisons. In general, the questionnaire appears to measure reliably and validly – assuming the test developers attended to the latter aspect diligently. Objectivity is ensured by resorting to Likert scale items.

Tab. 3. Cronbach’s α -reliabilities for Belief subscales

	global	pre	post1	post2	follow-up
Importance Assigned to PD (12 items)	$n=139, \alpha=.776$	$n=44, \alpha=.805$	$n=34, \alpha=.795$	$n=33, \alpha=.733$	$n=28, \alpha=.780$
Significance of Opened Experimentation (8 items)	$n=140, \alpha=.665$	$n=44, \alpha=.658$	$n=34, \alpha=.523$	$n=32, \alpha=.654$	$n=30, \alpha=.857$
Inhibitors to Implement Opened Experimentation (15 items)	$n=132, \alpha=.776$	$n=42, \alpha=.797$	$n=34, \alpha=.806$	$n=31, \alpha=.769$	$n=25, \alpha=.612$
Self-Reported Implementation of Inquiry-Based-Learning Elements (32 items)	$n=130, \alpha=.734$	$n=41, \alpha=.728$	$n=31, \alpha=.733$	$n=32, \alpha=.750$	$n=26, \alpha=.708$

4.1 Development of Beliefs

In order to test for the PD’s general potential to have an influence on teachers’ beliefs, ANOVA with repeated measures was calculated. Keeping in mind that the data and results are provisional, potentially significant differences must not be overstressed, as neither must be missing significance.

Results for the aggregated sample can be read from Table 4. There is a general trend that the PD affects teachers’ beliefs favourably regarding the Significance of Opened Experimentation and concerning Inhibitors to Implement Opened Experimentation. While we cannot conclusively rule out that the observed development might have different causes (as there is no control or waiting group), we find this scenario unreasonable to assume.

Tab. 4. Repeated measures ANOVA data for the four beliefs subscales (sphericity may not be assumed; Greenhouse-Geisser corrections are reported)

	df (time)	df (error)	F	p
Importance Assigned to PD	2.322	62.683	.524	.622
Significance of Opened Experimentation	2.641	71.306	4.412	.009
Inhibitors to Implement Opened Experimentation	2.591	69.955	5.170	.004
Self-Reported Implementation of Inquiry-Based-Learning Elements	2.724	73.557	2.465	.075

Regarding the second research question, the four belief scales were analysed with repeated measures ANOVA juxtaposing both the experimental conditions – PD institute vs. personal PD. As can be read from the line plots (Fig. 3–6), two of the four subscales’ developments favour our hypotheses: (1) an awareness of the significance of experimentation increases in the institute and remains high, but almost levels in personal PD (Fig. 4); (2) the inhibitors to experimentation in classrooms decrease for the PD institute and remain low, but remain almost level for personal PD (Fig. 5). Regarding the importance assigned to PD not much changes in either condition (Fig. 3); considering self-reported implementation of inquiry-based learning elements both conditions show a parallel rise which drops markedly for personal PD in the follow-up survey (Fig. 6) – no levels of significance are breached.

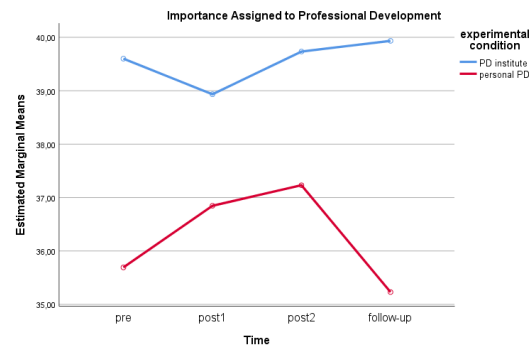


Fig. 3. Importance Assigned to PD ($n = 28$; no significant Within-Subjects Effects (WSE); Between-Subjects Effects (BSE): $F(1,26) = 9.519, p = .005$)

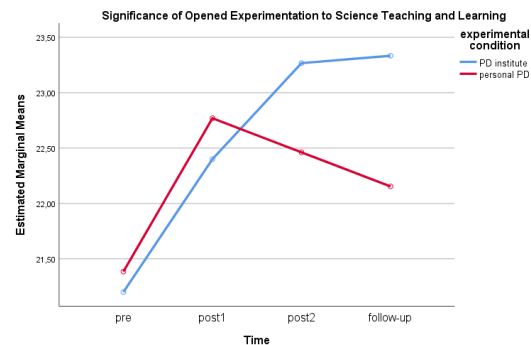


Fig. 4. Significance of Opened Experimentation for Science Teaching and Learning ($n = 28$; WSE: Main effect for Time, $F(2.667,69.352) = 4.223; p = .011$; no significant BSE)

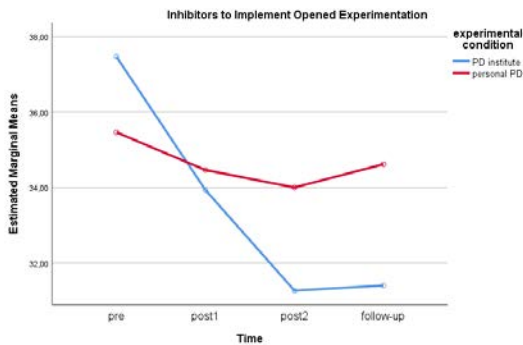


Fig. 5. Inhibitors to Implement Opened Experimentation ($n = 28$; WSE: Main effect for Time, $F(2.722, 70.768) = 4.914$, $p = .005$; no significant BSE)

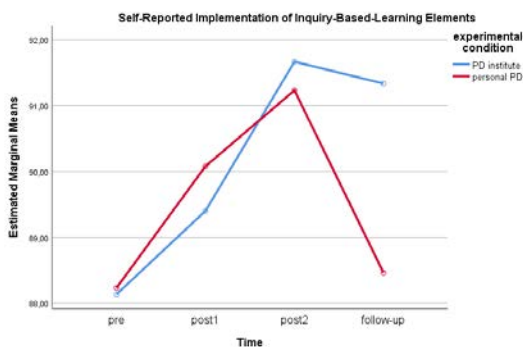


Fig. 6. Self-Reported Implementation of Inquiry-Based Learning Elements ($n = 28$; no significant WSE, nor BSE)

(II) PCK: Current findings on the development of teachers' PCK point into promising directions with the instrument proving to measure PCK reliably ($\alpha = .857$, over all points of measurement). Increases in PCK are detectable through repeated measures ANOVA and are significant between the pre- and post2-points of measurement (see. Tab. 5; $F(2,52) = 3.611$, $p = .034$) but prove to be unstable in the long run ($F(3,69) = 2.152$, $p = .102$). Data cannot yet support an assumed superiority of the PD institute in developing PCK ($F(1,22) = .159$, $p = .693$).

Tab. 5. Descriptive Statistics for PCK, after exclusion of three outliers with $\text{Score}_{\text{fu}} - \text{Score}_{\text{pre}} < -30$

Score PCK (theor. max. score: 100)	n	min.	max.	Mean	SD
pre	42	21.98	80.60	64.87	13.82
post ₁	31	22.41	89.66	67.14	15.07
post ₂	29	43.10	84.48	67.61	10.76
follow up	26	25.86	82.76	65.75	12.84

(III) Lesson practice and students' cognition: Regarding teachers' practice, results are pending due to extensive coding – here, too, measures of inter-rater reliability are suggestive of a valid and reliable instrument (Bewersdorff, Baur & Emden, 2020). Unfortunately, the student test for inquiry (Glug, 2009) does not survey student performance reliably, which

cannot be excused by too small a sample ($n = 550$) but might be an effect of the adaptation process.

4.2 Limitations and Discussion

The study's character as work in progress and its small sample sizes speak clearly of its limitations. With 46 teachers in a non-randomized quasi-experimental design, we cannot rule out that, e.g., personal motivation to participate in a PD plays an interfering part. With respect to those teachers who claim to routinely collaborate and who were, thus, assigned to the PD institute there remains a probability of bias favouring the PD institute. Moreover, small sample sizes typically incriminate the reliability readings of tests; it stands to be investigated, how well each of the instruments performs for each of the sampling points separately, i.e., with smaller sample sizes. Considering developments in beliefs and PCK, so far, absolute gains/losses have been investigated. However, should there already be substantial differences between the teachers' results for the pre-surveys, resorting to residual gains/losses might be more informative. These analyses will be conducted once the data collection is completed.

Considering all justified reservations and caveats towards these preliminary results, it appears that the PD institute can develop teachers' professional competence in some of the relevant variables in the expected direction.

Teachers' attitudes on the significance of opened experimentation for teaching and learning in science education develop more favourably in the PD institute than in the group that is largely left to themselves to reflect the PD content and the professional developers' coaching. We argue that more active learning through collaboration ensures that the abstract concept is checked for its curricular and ecological validity through teacher conversation. Teachers are thus enabled to identify and resolve potential transfer problems more easily than teachers who do not share these sense-making processes with their colleagues. Consequently, teachers from the PD institute increasingly abolish their views on potential inhibitors to experimentation. They realize that experimentation can be incorporated into regular classes as their peers show them probate solutions and "work-arounds" to arising challenges. All these aspects remain largely unchanged for the personal PD-group which suggests that these teachers do not involve themselves as thoroughly with the PD's aims and concepts. This argument appears to be well aligned with other research on professional learning communities (Bolam et al., 2005; Bonsen & Rolff, 2006) and collaborative PD (Gräsel, Fußangel & Parchmann, 2006; Gräsel, Pröbstel, Freienberg & Parchmann, 2006).

To find that teachers in both experimental groups increasingly feel that they incorporate aspects of inquiry-based learning might be attributed to the PD's aim of sensitizing teachers to the concept. Some degree of social desirability in the teachers' response patterns must, however, not be dismissed prematurely.

Regarding the development of PCK, the jury is still out at the time of this report. The tendencies that surface

are sobering and need to be investigated in more detail – a less than moderate increase (max $\approx 3\%$) in PCK might put the effort in administering the PD into a harsh perspective. For the final evaluation, a complete data set is mandatory as each response contributes to the final choice of items from the PCK-test (Anthofer, 2017; Schmitt, 2015); it is hoped to ultimately arrive at a test that sensitively detects relevant changes in PCK. Conclusive analyses will commence after data collection is complete.

5 CONCLUSION AND IMPLICATIONS

Science teaching needs to adapt to ever changing challenges; it needs to do so rather quickly and cannot wait for changes in teacher education to slowly trickle down into the classroom. For this reason, effective PD programmes are needed to bring in-service teachers up to speed with science education theory. What little research has been done in this field (e.g., Hofmann, 2015; Schmitt, 2016) consistently points into the direction of what we have merged in the suggested framework to inform PD in science education (Fig. 1).

Considering one of the promoters of effectiveness of a PD through shades of “active learning”, first results promise that there can be substantial benefit from strengthening participants’ active involvement, also in delivering a PD by lesson observations and coachings in groups. The framework encourages to investigate other promoters in a similar fashion: One could contrast a PD that addresses scientific inquiry as a meta-method with one that clearly focuses on one exemplary method (e.g., experimentation) (promotor Content Focus). Similarly, PD programmes that suggest “one-size-fits-all” instead of respecting local conditions, e.g., lacking equipment, should be investigated (Coherence).

In any case, it appears imperative to find an instrument that reliably, economically and ecologically surveys student performance in experimentation. This is indispensable if the complete impact of a PD is to be estimated – in this assessment, we whole-heartedly concur with Capps et al. (2012).

ACKNOWLEDGEMENT

We are indebted to the German Research Association (DFG) who have funded this research under reference number BA 5653|2-1, EM 267|2-1.

REFERENCES

- Improving America’s Schools Act of 1994. Title II - Dwight D. Eisenhower Professional Development Program (1994). Public Law 103-382. Washington, D.C.: 103rd United States Congress.
- Adey, P. (2006). A model for the professional development of teachers of thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 1(1), 49–56.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- Anthofer, S. (2017). Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden. Berlin: Logos.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2013). The COACTIV Model of Teachers’ Professional Competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (pp. 25–48). Boston, MA: Springer US.
- Baur, A. & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students’ inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 2, 1–12.
- Bewersdorff, A., Baur, A. & Emden, M. (2020). Untersuchung der Wirksamkeit einer Lehrkräftefortbildung zum Experimentieren. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (pp. 860–863). Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Bolam, R., McMahon, A., Stoll, L., Thomas, S. & Wallace, M. (2005). Creating and sustaining effective professional learning communities (Research report / Department for Education and Skills No. RR637). Annesley.
- Bonsen, M. & Rolff, H.-G. (2006). Professionelle Lerngemeinschaften von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift Für Pädagogik*, 52(2), 167–184.
- Brotherton, P. N. & Preece, P. F.W. (1995). Science Process Skills: Their Nature and Interrelationships. *Research in Science & Technological Education*, 13(1), 5–11.
- Capps, D. K. & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-Based Professional Development and Nature of Science? What does it take to support teachers in learning about inquiry? *International Journal of Science Education*, 35(12), 1947–1978.
- Capps, D. K., Crawford, B. A. & Constan, M. A. (2012). A Review of Empirical Literature on Inquiry Professional Development: Alignment with Best Practices and Critique of the Findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23(3), 291–318.
- Capps, D. K., Shemwell, J. T. & Young, A. M. (2016). Over reported and misunderstood? A study of teachers’ reported enactment and knowledge of inquiry-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 38(6), 934–959.
- Davis, E. A., Janssen, F. J. J. M. & van Driel, J. H. (2016). Teachers and science curriculum materials:

Where we are and where we need to go. *Studies in Science Education*, 52(2), 127–160.

DeBoer, G. E. (2006). *Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools*. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (pp. 17–35). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Desimone, L. M. & Garet, M. S. (2015). Best Practices in Teachers' Professional Development in the United States. *Psychology, Society and Education*, 7(3), 252–263.

DiBiase, D. (2014). *Formative Assessment Professional Development: Impact on Teacher Practice* (Dissertation). Johnson & Wales University, Providence, RI. <http://search.proquest.com/docview/1548006514>

Emden, M. & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren: Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 1–19.

Engeln, K. (2013). IBL implementation survey report: The PRIMAS project: Promoting inquiry-based learning (IBL) in mathematics and science education across Europe. Deliverable No. 9.3. Retrieved from https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/11/PRIMAS_D-9.3_IBL-Implementation-survey-report.pdf

Engeln, K., Euler, M. & Maass, K. (2013). Inquiry-based learning in mathematics and science: a comparative baseline study of teachers' beliefs and practices across 12 European countries. *ZDM Mathematics Education*, 45(6), 823–836.

Fischer, H. E., Borowski, A. & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 435–448). Dordrecht: Springer Netherlands

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.

Gagné, R. M. (1965). *The Psychological Bases of Science - A Process Approach* (AAAS Miscellaneous Publication No. 65-8). Washington, D.C.

Garet, M. S., Birman, B. F., Porter, A. C., Desimone, L. M. & Herman, R. (1999). *Designing Effective Professional Development: Lessons from the Eisenhower Program* (No. ED/OUS99-3). Washington, D.C.

Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L. M., Birman, B. F. & Yoon, K. S. (2001). What Makes

Professional Development Effective? Results From a National Sample of Teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915–945.

Glug, I. (2009). *Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung*. (Dissertation). Christian-Albrechts University, Kiel. Retrieved from http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003649

Gräsel, C., Fußangel, K. & Parchmann, I. (2006). Lerngemeinschaften in der Lehrerfortbildung: Kooperationserfahrungen und -überzeugungen von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 545–561.

Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung: oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196-214.

Gräsel, C., Pröbstel, C., Freienberg, J. & Parchmann, I. (2006). Anregung zur Kooperation von Lehrkräften im Rahmen von Fortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchung zur Bildungsqualität von Schule* (pp. 310–329). Münster: Waxmann.

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science. Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553.

Hofmann, J. (2015). *Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme*. Berlin: Logos.

Hood Cattaneo, K. (2017). Telling Active Learning Pedagogies Apart: From theory to practice. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 6(2), 144–152.

Justi, R. & van Driel, J. H. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549–573.

Knight, P. (2002). A Systemic Approach to Professional Development: Learning as Practice. *Teaching and Teacher Education*, 18(3), 229–241.

Kolisang, C. (Ed.) (2013). *Research. Bundesweiter Bildungstreik 2009: Protestbewegung - Aktionismus - Reformen der Reformen*. Wiesbaden: Springer VS.

Köller, O. & Parchmann, I. (2012). Competencies: The German notion of learning outcomes. In S. Bernholt, K. Neumann & P. Nentwig (Eds.), *Making it tangible: Learning outcomes in science education* (pp. 151–171). Münster: Waxmann.

- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Eds.) (2013). *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers*. Boston, MA: Springer US
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2013). The Development of Teachers' Professional Competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (pp. 63–77). Boston, MA: Springer US.
- Lipowsky, F. (2014). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Eds.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (pp. 511–541). Münster: Waxmann.
- McMorran, D. & Warren, D. (2012). Taking Chemistry Out of the Lab: Perspectives on Chemistry Outreach at Otago. *Chemistry in New Zealand*, 76(2), 56–61.
- Moch, P. (2011). The Race to Space: Launching Fear and Blasting Off to Reform. In M. L. Kysilka (Ed.), *Studies in the history of education. Critical times in curriculum thought: People, politics, and perspectives* (pp. 165–179). Charlotte, N.C: Information Age Pub.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
- Ostermeier, C., Prenzel, M. & Duit, R. (2010). Improving Science and Mathematics Instruction: The SINUS Project as an example for reform as teacher professional development. *International Journal of Science Education*, 32(3), 303–327.
- Richter, D. (2011). Lernen im Beruf. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (pp. 317–325). Münster: Waxmann.
- Schecker, H. (2012). Standards, competencies and outcomes: A critical view. In S. Bernholt, K. Neumann & P. Nentwig (Eds.), *Making it tangible: Learning outcomes in science education* (pp. 219–234). Münster: Waxmann.
- Schmitt, A. K. (2016). *Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.
- Schulz, R. M. (2009). Reforming Science Education: Part I. The Search for a Philosophy of Science Education. *Science & Education*, 18(3-4), 225–249.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., . . . Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7–28.
- Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H. & Fung, I. (2007). *Teacher professional learning and development: Best evidence synthesis iteration (BES)*. Wellington, N.Z.: Ministry of Education.
- Tinoca, L. F. (2004). *From Professional Learning for Science Teachers to Student Learning in Science* (Dissertation). University of Texas, Austin, TX. Retrieved from <http://www.lib.utexas.edu/etd/d/2004/tinocalf042/tinocalf042.pdf>
- Van Driel, J. H., Beijaard, D. & Verloop, N. (2001). Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers' Practical Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137–158.

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

SENSE OF BELONGING TO SCIENCE – ENTWICKLUNG EINES ERHEBUNGSINSTRUMENTS FÜR LEHRAMTSSTUDIERENDE

Markus Sebastian Feser¹

¹Universität Hamburg, Fakultät für Erziehungswissenschaft, Didaktik der Physik

*Please adress all correspondence to markus.sebastian.feser@uni-hamburg.de

STRUCTURED ABSTRACT

Hintergrund: Diverse Studien weisen darauf hin, dass der Bildungserfolg von Studierenden auch durch ihren Sense of Belonging – das Ausmaß, in dem sich eine Person einem bestimmten sozialen Umfeld zugehörig fühlt – bedingt ist. Bislang wurde allerdings Sense of Belonging weitgehend domänen-unspezifisch untersucht. Insbesondere Studien, die den Sense of Belonging to Science (SBS) angehender Naturwissenschaftslehrkräfte untersuchten, fehlen nahezu vollständig. Ein Grund hierfür ist, dass es an Instrumenten mangelt, mit denen eine Erfassung des SBS von Lehramtsstudierenden zu bestimmten Fachdomänen möglich ist.

Ziel: Die vorgestellte explorative Studie widmet sich der Frage, inwieweit sich mit Hilfe eines Selbstauskunftsfragebogens der SBS von Lehramtsstudierenden erfassen lässt.

Stichprobe/Rahmen: Die Stichprobe umfasst 129 Lehramtsstudierende, die mindestens ein naturwissenschaftliches Unterrichtsfach studieren. Die Erhebung fand im Rahmen der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrveranstaltungen an der Universität Hamburg (Deutschland) im Sommersemester 2019 statt.

Design und Methode: Inspiriert durch bestehende Instrumente wurde ein Likert-Skalen-Fragebogen zur Erfassung von SBS entwickelt. Die erhobenen Daten wurden durch eine explorative Faktorenanalyse ausgewertet. Items mit Kommunalitäten unter .50 und substantiellen Querladungen wurden ausgeschlossen. Die Validität des Fragebogens durch Korrelations- und differenzielle Analysen geprüft.

Ergebnisse: Aus der Datenanalyse ging hervor, dass sich der entwickelte Fragebogen in 5 Subskalen gliedert, aus denen eine Kompositskala gebildet werden kann. Die fünf Subskalen besitzen eine (sehr) gute Reliabilität, die Reliabilität der Kompositskala ist akzeptabel. Die Korrelationsanalysen zeigen, dass SBS von anderen Konstrukten wie dem Interesse an Naturwissenschaften oder der Zugehörigkeit zur eigenen Hochschule unterscheidbar ist. Darüber hinaus zeigen differenzielle Analysen, dass sowohl Männer als auch Studierende, die ein umfangreicheres naturwissenschaftliches Studium absolvieren, einen signifikant höheren SBS als Frauen oder Studierende, die ein weniger umfangreiches naturwissenschaftliches Studium absolvieren, aufweisen.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse der explorativen Datenanalyse weisen darauf hin, dass der entwickelte Fragebogen den SBS von Lehramtsstudierenden reliabel und valide zu erfassen vermag. Mögliche Implikationen der vorliegenden Studie für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung sowie für die Ausbildung von Naturwissenschaftslehrer*innen werden am Ende dieses Beitrags skizziert.

Schlagworte: Sense of Belonging, universitäre Naturwissenschaftslehrerbildung, Lehramtsstudierende, Fragebogenkonstruktion

Eingereicht: März 2020. **Angenommen:** Juni 2020.

STRUCTURED ABSTRACT

Background: Various studies indicate that educational success of university students is also determined by their Sense of Belonging – the extent to which an individual considers himself or herself to belong to a particular social environment. Previous studies, however, have predominantly examined university students' Sense of Belonging in a domain-unspecific way. Moreover, there is a lack of studies addressing student science teachers. Part of the reason for this lack of research is the scarcity of appropriate instruments to measure student teachers' Sense of Belonging within a specific academic domain.



Purpose: This exploratory study addresses the question to which extent student teachers' Sense of Belonging to Science (SBS) can be assessed in a reliable and valid way.

Sample/Setting: The sample consists of 129 student teachers training to become teachers of at least one natural science subject. The study was conducted in the science education courses held at the Universität Hamburg (Germany) in the 2019 summer term.

Design and Methods: Inspired by existing instruments, a likert scale questionnaire for assessing SBS was developed. The collected data was analyzed using exploratory factor analysis. Items with commonalities less than .50 and with substantial double-loadings were eliminated from the scales. The validity of the questionnaire was examined using both correlation and differential analyses.

Results: The data analysis revealed that the developed questionnaire consists of five sub-scales, which can be used to form a composite scale. The five sub-scales have (very) good reliability; the reliability of the composite scale is acceptable. The correlation analyses indicate that SBS is distinguishable from other constructs such as interest in science or university belonging. Finally, the differential analyses show that male students as well as students who undertake more extensive studies in science have a significant greater SBS than female students or students who undertake less extensive studies in science.

Conclusions: The exploratory data analysis provides results which indicate that the developed questionnaire is a reliable and valid instrument to assess student teachers' SBS. Possible implications of the present study for science educational research as well as for science teacher education are outlined at the end of this paper.

Keywords: *Sense of Belonging, science teacher education, student science teachers, scale development*

Received: March 2020. **Accepted:** June 2020.

1 EINLEITUNG UND FORSCHUNGSHINTERGRUND

1.1 Das Konstrukt Sense of Belonging to Science

Menschen sind soziale Wesen. Sich anderen Personen oder Personengruppen zugehörig zu fühlen ist daher ein grundlegendes menschliches Bedürfnis (Baumeister & Leary, 1995), dessen Befriedigung unter anderem für die eigene intrinsische Motivation (Deci & Ryan, 1993) und für das produktive Arbeiten an der eigenen Identität bedeutsam ist (Wenger, 1998, S. 145ff.). Inwieweit ein Gefühl von sozialer Zugehörigkeit (Sense of Belonging) eine Gelingensbedingung für Lernen in Schule oder Hochschule darstellt, wurde daher bereits in einer Vielzahl von Studien untersucht (für eine Übersicht siehe Slaten et al., 2016). In der Hochschulforschung ist hierbei überwiegend das Zugehörigkeitsgefühl von Studierenden zu ihrer Hochschule beforscht worden. Dabei offenbarte sich, dass ein solches Zugehörigkeitsgefühl von Studierenden unter anderem positiv deren Studienzufriedenheit (Fischer, 2007), deren Engagement im Studium (Gillen-O'Neel, 2019) sowie deren akademische Leistungen (de Beer et al., 2009; Strayhorn, 2007) beeinflusst.

Domänenspezifische Fragestellungen, z. B. inwieweit Sense of Belonging einen Bedingungsfaktor für vergleichsweise hohe Abbruchquoten oder die Unterrepräsentation bestimmter Personengruppen in naturwissenschaftlichen Studiengängen darstellt, blieben durch eine solche globale Betrachtung von Sense of Belonging in hochschulischen Kontexten allerdings weitgehend unbeantwortet (Good, et al., 2012, S. 701; Lewis & Hodges, 2015, S. 197f.). Nicht zuletzt aus Perspektive der Fachkulturforschung lässt sich aber annehmen (Götschel,

2017; Kreitz, 2000; Liebau & Huber, 1985; Schenk, 2007), dass die eben benannten Problemlagen im naturwissenschaftlichen Bereich weniger auf die Spezifika einer Hochschule, sondern viel mehr mit Merkmalen der naturwissenschaftlichen Fachkultur zusammenhängen (z. B. dem Selbstverständnis als ‚harte Wissenschaften‘ oder der maskulinen Konnotation von Naturwissenschaften). Zunehmend wird daher nicht nur das Zugehörigkeitsgefühl von Studierenden zu ihrer Hochschule, sondern auch ihr Sense of Belonging to Science (Abkürzung: SBS) untersucht. Letzteres lässt sich in Anlehnung an Good et al. (2012, S. 700f.) sowie Kuchynka et al. (2019, S. 4f.) definieren als das Gefühl eines Individuums, das soziale Zugehörigkeit zu Naturwissenschaften zum Gegenstand hat und sich in den folgenden fünf Empfindungen manifestiert:

- (1) Sich mit Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen, verbunden fühlen.
- (2) Sich von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen, anerkannt fühlen.
- (3) Emotionales Wohlempfinden im Umfeld von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen.
- (4) Das Bedürfnis von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen, wahrgenommen zu werden.
- (5) Ein besonderes zwischenmenschliches Vertrauen zu Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen.

SBS ist ein Ergebnis bisheriger Sozialisations- und Enkulturationserfahrungen in der naturwissenschaftlichen Fachdomäne (Liebau & Huber, 1985, S. 337ff.; Shin et

al., 2016, S. 411f.). Insbesondere für Studierende, die einer unterrepräsentierten oder marginalisierten Gruppe angehören (z. B. Frauen, LGBTQ-Studierende oder Students of Color) können solche Erfahrungen allerdings auch Diskriminierungs- und/oder Exklusionserfahrungen umfassen (Bilimoria & Stewart, 2009; Johnson, 2011). Daher ist auch – wie diverse Studien zeigen konnten – der SBS von Studierenden, die einer unterrepräsentierten oder marginalisierten Gruppe angehören, tendenziell niedriger ausgeprägt, als der SBS von Studierenden nichtunterrepräsentierter bzw. -marginalisierter Gruppen (z. B. Cech & Rothwell, 2018; Rainey et al., 2018; Strayhorn, 2019, S. 87ff.). Hinzu kommt, dass für Studierende Sozialisations- und Enkulturationserfahrungen in die naturwissenschaftliche Fachdomäne oftmals an universitäre Lehr-Lern-Kontexte wie bspw. den Besuch von Fachvorlesungen gebunden sind, diese aber gleichzeitig auch in nichtuniversitären Kontexten auftreten, z. B. im bereits zurückliegenden Fachunterricht in der Schule oder in naturwissenschaftsbezogenen Freizeitaktivitäten (von Wensierski, 2015; Willems 2007). Beide Konstrukte – SBS und das Zugehörigkeitsgefühl zur eigenen Hochschule – weisen daher auf theoretischer Ebene eine gewisse Nähe zueinander auf, können dennoch voneinander abgegrenzt werden (Good et al., 2012, S. 701) und sollten daher auch empirisch voneinander unterscheidbar sein.

In Instrumenten, die zur Erfassung von SBS eingesetzt wurden, wird eine Trennung dieser beiden Zugehörigkeitsgefühle bislang allerdings nicht konsequent umgesetzt. Stattdessen erfragen bisherige SBS-Instrumente überwiegend das soziale Zugehörigkeitsgefühl zu Naturwissenschaften im Kontext institutionalisierter Lehr-Lern-Settings (z. B. spezifiziert auf das Kursangebot einer Hochschule oder auf den Besuch bestimmter Fachvorlesungen; vgl. Findley-Van Nostrand & Pollenz, 2017; Thoman et al., 2014). Sie erfassen also eher den Übergangsbereich zwischen SBS und dem Zugehörigkeitsgefühl zur eigenen Hochschule. Wünschenswert wäre hingegen ein Instrument, das erfasst, inwieweit eine Person kontextunabhängig ein soziales Zugehörigkeitsgefühl zu Naturwissenschaften empfindet. Mit einem solchen Instrument könnte bspw. untersucht werden, inwieweit das Zugehörigkeitsgefühl zur eigenen Hochschule oder der SBS oder die Interaktion bei der Zugehörigkeitsgefühle zum Bildungserfolg von Naturwissenschaftsstudierenden beitragen. Des Weiteren handelt es sich bei bisherigen Instrumenten zur Erfassung von SBS überwiegend um ad-hoc-konstruierte bzw. -adaptierte Instrumente (z. B. Rattan et al., 2018; Thoman et al., 2014), deren psychometrische Qualität in den entsprechenden Studien – aus forschungsökonomischen Gründen – nur in Ausnahmefällen überprüft wurde (z. B. Findley-Van Nostrand & Pollenz, 2017). Insgesamt lässt sich also feststellen, dass es bislang an Instrumenten mangelt, mit denen kontextunabhängig der SBS von Studierenden reliabel und valide erfasst werden kann.

1.2 Sense of Belonging to Science von Lehramtsstudierenden

Sense of Belonging to Science ist ein Konstrukt, das erst in jüngster Zeit in den Fokus (fachdidaktischer) Hochschulforschung gerückt ist. Insbesondere gibt es bislang kaum Studien, in denen der SBS (angehender) Naturwissenschaftslehrkräfte untersucht wurde. Erste qualitative Untersuchungen deuten aber darauf hin, dass ein mangelnder SBS bei (angehenden) Naturwissenschaftslehrkräften einhergeht mit einem stärkeren Distanz- und Befremdlichkeitsempfinden gegenüber Naturwissenschaften (Danielsson et al., 2016) sowie einer geringer ausgeprägten Selbstidentifikation als Vertreter*in der naturwissenschaftlichen Fachdomäne (Fejes & Köpsén, 2014). Des Weiteren lässt sich an Hochschulen, an denen die Fachausbildung von Lehrkräften überwiegend in die entsprechenden Fach-Fakultäten eingegliedert ist und nicht in lehramtsspezifischen Veranstaltungen stattfindet, oftmals beobachten, dass „Lehramtsstudenten [...] nur Studenten zweiter Klasse [...] [und] nirgends richtig zu Hause [sind]“ (Oevermann, 2010, S. 378). Insbesondere an solchen Hochschulstandorten lässt sich daher begründet vermuten, dass der SBS angehender Naturwissenschaftslehrkräfte und/oder deren Zugehörigkeitsgefühl zu ihrer Hochschule vergleichsweise gering ausgeprägt sind/ist, was wiederum ihren Bildungserfolg in der universitären Lehrerbildung beeinflussen könnte. Vor diesem Hintergrund erscheint es daher sowohl sinnvoll als auch notwendig den SBS angehender Naturwissenschaftslehrkräfte näher zu untersuchen. Hierzu bedarf es allerdings zunächst eines geeigneten Instruments, mit dessen Hilfe der SBS von Lehramtsstudierenden zuverlässig erfasst werden kann. Dieser Beitrag berichtet von der Entwicklung und Erprobung eines solchen Instruments.

2 DIE VORLIEGENDE STUDIE

2.1 Ziel und Hypothesen

Ziel der vorliegenden Studie ist die Entwicklung und Erprobung eines Selbstauskunftsfragebogens zur reliablen und validen Erfassung des Sense of Belonging to Science bei angehenden Naturwissenschaftslehrkräften. Auf struktureller Ebene sollte ein solcher Fragebogen eine Fünf-Faktoren-Struktur aufweisen, in der sich die fünf Empfindungen, in denen sich SBS manifestiert, widerspiegeln (vgl. SBS-Definition aus Abschnitt 1.1). Zudem sollten die Items des Fragebogens substanzielle Generalfaktorladungen aufweisen, damit die Bildung einer Kompositskala zur Erfassung von SBS zulässig ist. Die diskriminante Validität und die Konstruktvalidität¹ des entwickelten Fragebogens werden anhand folgender Hypothese geprüft:

¹ „Ein Test ist konstruktvalid, wenn aus dem zu messenden Zielkonstrukt theoretisch und/oder empirisch gut fundierte Hypothesen ableitbar sind, die anhand der Testwerte bestätigt werden können“ (Döring & Bortz, 2016, S. 471).

Diskriminante Validität:

- (H1) Der SBS angehender Naturwissenschaftslehrkräfte korreliert höchstens moderat ($|r| < .50$) mit anderen, von SBS unterscheidbaren studiums- und disziplinbezogenen Orientierungen (für Details siehe Abschnitt 2.2.2).

Konstruktvalidität:

- (H2) Der SBS angehender Lehrkräfte mit zwei naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern ist signifikant größer als der SBS angehender Lehrkräfte mit nur einem naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach.
- (H3) Der SBS angehender Gymnasiallehrkräfte ist signifikant größer als der SBS angehender Lehrkräfte, die ein nichtgymnasiales Lehramt studieren.
- (H4) Der SBS angehender Naturwissenschaftslehrer ist signifikant größer als der SBS angehender Naturwissenschaftslehrerinnen.

Den Hypothesen (H2) und (H3) liegt die naheliegende Annahme zu Grunde², dass Studierende mit umfangreichen naturwissenschaftlichen Studienanteilen auch umfangreiche Sozialisations- und Enkulturationserfahrungen in der naturwissenschaftlichen Fachdomäne machen, wodurch ihr SBS vergleichsweise höher ausgeprägt ist. Hypothese (H4) hingegen leitet sich aus der Tendenz ab, die in einer Vielzahl Studien übereinstimmend berichtet wird (z. B. Pietri et al., 2019; Rainey et al., 2018; Strayhorn, 2019, S. 87ff.), dass Frauen im Vergleich zu Männern ein geringeres soziales Zugehörigkeitsgefühl zu Naturwissenschaften empfinden.

2.2 Methodisches Vorgehen

Die Entwicklung des Selbstauskunftsfragebogens erfolgte in einem zweistufigen Verfahren, das in den folgenden Abschnitten dargestellt wird.

2.2.1 Fragebogenkonstruktion und Präpilottierung

Als Ausgangsinspiration für die Entwicklung eines Selbstauskunftsfragebogens für SBS diente das mathematikspezifische Sense-of-Belonging-Instrument von Good et al. (2012). Dieses wurde sinngemäß ins Deutsche übersetzt und dabei einer umfassenden Revision unterzogen. Bei dieser Revision wurden der Instruktionstext und der Wortlaut der Selbstauskunftsitems grundlegend überarbeitet, einzelne Items gestrichen, sowie neue Items, inspiriert durch Instrumente anderer Autor*innen (Beierlein et al., 2012; Breyer, 2015; Goodenow, 1993), ergänzt. Durch dieses Vorgehen wurde ein 31 Likert-Skalen-Items umfassender Fragebogen konstruiert, der entsprechend der SBS-Definition aus Abschnitt 1.1 in fünf Subskalen gegliedert ist (vgl. Appendix 1 und 2). Diese fünf Subskalen werden im Folgenden der Einfachheit halber als Verbundenheits-, Akzeptanz-, Wohlempfindens-, Wahrnehmungsbedürfnis-, und Vertrauens-Skala be-

zeichnet (vgl. Tabelle 1). Insbesondere erfragt der konstruierte Fragebogen – im Gegensatz zum Instrument von Good et al. (2012), welches das Zugehörigkeitsgefühl zu Mathematik in institutionalisierten Lehr-Lern-Settings erfasst – kontextunabhängig, inwieweit eine Person soziale Zugehörigkeit zu Naturwissenschaften empfindet. Anschließend wurde zunächst die Passung des Instruktionstextes und der Selbstauskunftsitems zur SBS-Definition aus Abschnitt 1.1 in einer Gruppendiskussion mit den Mitgliedern der eigenen Arbeitsgruppe (N = 6 Naturwissenschaftsdidaktiker*innen) diskutiert und dabei der Fragebogenentwurf konsensuell überarbeitet. Daraufhin wurde der Fragebogen präpilottiert, indem er von N = 2 Naturwissenschaftslehramtsstudierenden laut denkend bearbeitet wurde (van Someren et al., 1994) und beide Studierenden hinsichtlich der Verständlichkeit des Fragebogens interviewt wurden. Auf Grundlage der Audiographien dieser Präpilottierung wurde der Fragebogen ein weiteres Mal überarbeitet.

2.2.2 Befragung von Lehramtsstudierenden und Datenanalyse

Im zweiten Entwicklungsschritt wurden N = 129 Lehramtsstudierenden der Universität Hamburg befragt, die mindestens eines der Unterrichtsfächer Biologie, Chemie oder Physik studierten. Zentrale Merkmale der Stichprobe sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Der Erhebungszeitraum umfasste das Sommersemester 2019; die Befragung erfolgte anonym und auf freiwilliger Basis im Rahmen der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrveranstaltungen im Bachelor- (4. und 6. Semester) und Masterstudium (2. Semester). Bei der Erhebung wurden die Teilnehmer*innen gebeten, den überarbeiteten Fragebogen zu bearbeiten. Um Hypothese (H1) prüfen zu können, wurden ihnen zudem mehrere übernommene bzw. ad-hoc-adaptierte Selbstauskunftsskalen vorgelegt, welche die folgenden studiums- und disziplinbezogenen Orientierungen erfassen:

- Allgemeines Bedürfnis nach sozialer Zugehörigkeit (Hartung & Renner, 2014).
- Zugehörigkeitsgefühl zur eigenen Hochschule (Bauert et al., 2009).
- Allgemeines akademisches Selbstkonzept (Dickhäuser et al., 2002).
- Studiumsspezifische Selbstwirksamkeitserwartung (Kiesler, 2018).
- Allgemeine Studiumszufriedenheit (Hormuth & Lalli, 2014).
- Interesse an Naturwissenschaften (Frey et al., 2009).
- Persönlicher Wert von Naturwissenschaften (Frey et al., 2009).

² An der Universität Hamburg, an der die vorliegende Studie durchgeführt wurde, ist dies für Studierende des gymnasialen Lehramts bzw. Studierende der nichtgymnasialen Lehramtsstudiengänge erfüllt. Im

gymnasialen Lehramt umfasst das Fachstudium 85 LP je Fach; in den nichtgymnasialen Lehramtsstudiengängen umfasst es 60-65 LP je Fach.

Tab. 1. Übersicht über die Subskalen des Fragebogens und Beispielitems.

Empfindung, in der sich SBS manifestiert	Skalename	Abkürzung	Beispielitem
Sich mit Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen, verbunden fühlen.	Verbundenheits-Skala	Vb	Ich empfinde mich der naturwissenschaftlichen Community verbunden.
Sich von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen, anerkannt fühlen.	Akzeptanz-Skala	Ak	Von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community fühle ich mich wertgeschätzt.
Emotionales Wohlempfinden im Umfeld von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen.	Wohlempfindens-Skala	We	Im Umfeld von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community fühle ich mich wohl.
Das Bedürfnis von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen, wahrgenommen zu werden.	Wahrnehmungsbedürfnis-Skala	Wb	Im Umfeld von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community wünsche ich mir, im Hintergrund verschwinden zu können.
Ein besonderes zwischenmenschliches Vertrauen zu Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften befassen.	Vertrauens-Skala	Vt	Ich bin davon überzeugt, dass insbesondere Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community Menschen sind, denen ich vertrauen kann.

Anmerkungen. Um die Fragebogen-Items möglichst leserfreundlich zu gestalten, wurde im Wortlaut der Items auf den Begriff naturwissenschaftliche Community zurückgegriffen. Für die Teilnehmer*innen wird dieser Begriff im Instruktionstext des Fragebogens definiert als die „breite Gruppe von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften beschäftigen“ (vgl. Appendix 1).

Tab. 2. Merkmale der befragten Lehramtsstudierenden in Entwicklungsschritt 2.

Merkmal der Teilnehmer*innen	N	N _m	N _w
Studiengang	BA	80	54
	MA	49	26
zuvor Berufsausbildung absolviert?	ja	34	23
	nein	95	57
zuvor anderes Studium absolviert?	ja	32	20
	nein	97	60
Lehramtstyp	LB	12	8
	LG	67	33
	LPS	24	21
	LS	25	18
Unterrichtsfach (Mehrfachnennung möglich)	Biologie	68	54
	Chemie	50	28
	Physik	32	8

Anmerkungen. N = Anzahl Teilnehmer*innen; N_m = Anzahl männlicher Teilnehmer*innen; N_w = Anzahl weiblicher Teilnehmer*innen; BA = Bachelorstudierende; MA = Masterstudierende; LB = Berufsschullehramt; LG = Lehramt Gymnasium; LPS = Lehramt Primar- und Sekundarstufe I; LS = Lehramt für Sonderpädagogik.

Tab. 3. Ergebnis der Parallelanalyse.

Faktor	empirischer Eigenwert	mittlerer Eigenwert (Zufallsdaten)	Perzentil P ₉₅ Eigenwert (Zufallsdaten)
1	9.33	1.16	1.33
2	3.05	0.93	1.05
3	1.78	0.81	0.91
4	1.32	0.72	0.80
5	0.88	0.63	0.70
6	0.38	0.55	0.62
7	0.29	0.48	0.54
8	0.16	0.41	0.47
...

Anmerkungen. Bei einer Parallelanalyse werden die empirischen Eigenwerte mit der Eigenwertverteilung von N Zufallsdatensätzen verglichen (hier N = 10000). Die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren ist dann die Anzahl an Faktoren, deren empirische Eigenwerte größer sind, als das Perzentil P₉₅ der Eigenwertverteilung der Zufallsdatensätze (Wolff & Bacher, 2010, S. 342f.; hier durch --- gekennzeichnet).

Die Datenanalyse erfolgte mittels des Software-Paketes R Version 3.6.2 (R Core Team, 2020). Es zeigte sich, dass die erhobenen Daten eine gute Eignung³ für eine Faktorenanalyse aufweisen (KMO = .85; Bartlett-Test: $\chi^2 = 2658.348$, df = 465, p ≤ .001). Aufgrund der umfassenden Revision und Neuentwicklung der Fragebogenitems, war damit zu rechnen, dass nicht alle Items für das angestrebte SBS-Instrument geeignet sind bzw. von der Datenanalyse ausgeschlossen werden müssen. Um Itemreduktion zu ermöglichen, erfolgte die Skalenanalyse daher mittels explorativer Faktorenanalyse.

Für die Aufdeckung der Faktorenstruktur wurde eine Hauptachsenanalyse mit anschließender Promax-Rotation durchgeführt. Die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren wurde mittels Parallelanalyse bestimmt (Wolff & Bacher, 2010, S. 342f.). Hierbei konnte im Einklang mit den Vorüberlegungen bei der Fragebogenkonstruktion bestätigt werden, dass die Faktorenanzahl fünf beträgt (vgl. Tabelle 3). In die Analyse wurden nur Items eingeschlossen, die sich bei der vorliegenden Stichprobengröße aufgrund ihrer Kommunalitäten für eine Faktorenanalyse eignen (für n ≥ 100: Kommunalität ≥ .50, Bühner, 2011, S. 344f.). Ferner wurden Items mit Querladungen größer .30 von der Analyse ausgeschlossen (Bühner, 2011, S. 350).

Die Skalenbildung erfolgte durch arithmetische Mittelung der Itemscores, wobei negativ gepolte Items invertiert wurden. Ausnahme bildete hierbei die Wahrnehmungsbedürfnis-Skala: da alle Items dieser Skala eine negative Polung aufweisen, wurde bei der Skalenbildung auf eine Invertierung verzichtet. Schließlich wurde untersucht, ob die Bildung einer Komposit-skala (arithmetisches Mittel der ggf. invertierten fünf Subskalen) zulässig ist. Zu diesem Zweck wurde auf das von Revelle und Wilt (2013, S. 495) beschriebene Verfahren zur explorativen Analyse der Generalfaktor-Sättigung eines Fragebogens zurückgegriffen. Bei diesem Verfahren werden mittels explorativer Faktorenanalyse und nachfolgender Schmid-Leiman-Transformation (Schmid & Leiman, 1957) die Generalfaktorladungen der einzelnen Items bestimmt. Anschließend wird überprüft,

³ Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (KMO) und der Bartlett-Test sind gängige Verfahren zur Prüfung der Eignung eines Datensatzes für eine Faktorenanalyse. Ein KMO >.80 gilt als „gute Eignung“; kann beim

Bartlett-Test die Nullhypothese nicht abgelehnt werden, ist der Datensatz für eine Faktorenanalyse ungeeignet (Bühner, 2011, S. 345ff.).

ob alle Items eine substantielle Generalfaktorladung ($>.30$) aufweisen, sowie ferner der hierarchische Omega-Koeffizient nach McDonald (ω_h) als Reliabilitätsmaß⁴ für die Kompositsskala bestimmt (McDonald, 1999; Zinbarg et al., 2006).

Um die Hypothesen (H1) bis (H4) zu prüfen, wurden Korrelationsanalysen (Pearsons r) zwischen den gebildeten (Sub-)Skalen und den oben benannten studiums- und disziplinbezogenen Orientierungen durchgeführt. Ferner wurden die Skalenmittel verschiedener Substichproben differenziellen Analysen unterzogen (infolge von zum Teil nicht-normalverteilter Substichproben: Medianvergleiche via Mann-Whitney-U-Tests, sowie Berechnung des Effektstärkemaßes r_{ES} nach Rosenthal, 1991, S. 19). Bei der differenziellen Analyse unterschiedlicher Lehramtstypen wurde im Sinne von Hypothese (H3) die Stichprobe in Studierende, die gymnasiales Lehramt studieren, und Studierende, die ein nichtgymnasiales Lehramt studieren, dichotomisiert.

Aufgrund des explorativen Charakters der vorliegenden Studie wurde bei der Datenanalyse auf eine Adjustierung des globalen α -Niveaus verzichtet. Wird daher im Folgenden von ‚Signifikanz‘ gesprochen, meint dies streng genommen also (lediglich) das Auftreten auffällig kleiner p -Werte.

3 ERGEBNISSE

3.1 Skalenanalyse

Die zentralen Kennwerte, die bei der Skalenanalyse gewonnen wurden, sind in Tabelle 4 bis 6 zusammengefasst. Insgesamt wurden 10 Items mit einer zu geringen Item-Kommunalität oder aufgrund substanzieller Querladungen ausgeschlossen (vgl. Appendix 2). Die übrigen 21 Items (vgl. Appendix 1) verteilen sich im Einklang mit den Vorüberlegungen bei der Fragebogenkonstruktion auf fünf Faktoren, die zusammen 66.1 % der Varianz erklären und die inhaltlich jeweils eine der fünf Empfindungen abdecken, in denen sich SBS manifestiert (vgl. Tabelle 4). Die einzelnen Subskalen enthalten je 4-5 Items, die alle eine hohe Trennschärfe aufweisen ($.63 \leq r_{i(t-i)} \leq .86$; Döring & Bortz, 2016, S. 478). Die interne Konsistenz der Subskalen (Cronbachs α) ist als gut bis sehr gut einzuschätzen ($.84 \leq \alpha \leq .92$; Kuckartz et al., 2013, S. 247).

Des Weiteren treten zwischen allen fünf Subskalen geringe bis moderate Korrelationen auf, die – bis auf eine Ausnahme – statistisch signifikant sind (vgl. Tabelle 6; Cohen, 1988, S. 77ff.).

Aus der Datenanalyse ging hervor, dass die Bildung einer Kompositsskala (Abkürzung: K_{SBS}) zulässig ist. Die verbliebenen 21 Items weisen moderate bis hohe Generalfaktorladungen auf ($.31 \leq |\lambda_g| \leq .72$; Kline, 1994, S. 6) und mit $\omega_h = .72$ ist die Reliabilität der Kompositsskala als akzeptabel einzuschätzen⁴. Ferner weisen die fünf Subskalen, aufgefasst als Items der Kompositsskala, eine moderate bis hohe Trennschärfe auf ($.38 \leq r_{i(t-i)} \leq .63$).

Tab. 4. Deskriptive Itemkennwerte, Mustermatrix der promax-rotierten Hauptachsenanalyse, Generalfaktorladungen und Itemkommunalitäten.

Skala	Item	N	M	SD	$r_{i(t-i)}$	Faktor					λ_g	h^2
						1	2	3	4	5		
Vb	01	129	2.8	1.2	.77	.78					.51	.70
	02	129	3.0	1.2	.68	.63					.50	.58
	03	129	2.8	1.2	.79	.90					.49	.76
	04	129	2.6	1.2	.82	.90					.50	.78
Ak	05	129	3.4	1.0	.68		.75				.66	.61
	06	128	3.4	1.0	.75		.95				.72	.79
	08	129	3.0	1.0	.73		.72				.68	.63
	09*	129	3.5	1.2	.66		.66				.59	.57
	11*	129	4.0	1.0	.64		.58				.57	.52
We	15	127	3.4	1.0	.74			.76			.58	.71
	16*	129	3.7	1.0	.63			.63			.44	.50
	18	129	3.3	0.9	.65			.65			.60	.61
	19	129	3.5	0.9	.71			.71			.54	.62
Wb	21	128	1.9	1.1	.85				.91		-.38	.81
	22	127	1.9	1.0	.86				.87		-.43	.81
	23	127	2.2	1.1	.74				.71		-.38	.63
	25	128	1.6	1.0	.81				.82		-.42	.77
Vt	28	129	3.4	0.9	.70					.85	.31	.65
	29	129	3.3	1.0	.74					.90	.37	.77
	30	129	3.4	0.9	.66					.70	.37	.54
	31	129	3.7	1.0	.64					.59	.48	.53

Anmerkungen. Vb, Ak, We, Wb, Vt = Abkürzungen der fünf Subskalen; Kennwerte der Items, die im Rahmen der Datenanalyse ausgeschlossen wurden, werden hier nicht berichtet; Ladungen unter .30 werden nicht dargestellt; * kennzeichnet Items, die bei der Datenanalyse invertiert wurden; $r_{i(t-i)}$ = Trennschärfe; λ_g = Generalfaktorladung; h^2 = Kommunalität.

⁴McDonalds ω_h gibt an, in welchem Umfang die gemeinsame Varianz aller Items auf einen Generalfaktor zurückgeführt werden kann (Zinbarg

et al., 2006, S. 122). Üblicherweise wird bei der Interpretation von ω_h auf die geläufige Faustregel für Cronbachs α zurückgegriffen.

Tab. 5. Deskriptive Kennwerte der fünf Subskalen und der Kompositskala.

Skala	N	M	SD	ω_h	α	$r_{i(i-1)}$	EV	%
Vb	129	2.8	1.0	---	.89 [.86; .92]	.45	2.9	13.7
Ak	128	3.5	0.9	---	.87 [.83; .90]	.63	3.0	14.1
We	127	3.5	0.8	---	.84 [.80; .89]	.63	2.5	12.1
Wb*	126	1.9	1.0	---	.92 [.90; .94]	.39	3.1	14.8
Vt	129	3.4	0.8	---	.85 [.81; .89]	.38	2.4	11.4
K _{SBS}	123	3.4	0.6	.72	.73 [.65; .80]	---	---	---

Anmerkungen. Vb, Ak, We, Wb, Vt = Abkürzungen der fünf Subskalen; K_{SBS} = Kompositskala; * kennzeichnet Skalen, die für die Bildung der Kompositskala invertiert wurden; ω_h = McDonalds ω_h ; α = Cronbachs α inkl. 95%-Konfidenzintervall; $r_{i(i-1)}$ = Trennschärfe der Subskala, aufgefasst als Item der Kompositskala; EV = rotierter Eigenwert; % = aufgeklärte Varianz in Prozent.

Tab. 6. Korrelationen zwischen den fünf Subskalen.

Skala	Vb	Ak	We	Wb	Vt
Vb	---	.52***	.43***	-.14	.22**
Ak	[.39; .64]	---	.49***	-.35***	.38***
We	[.28; .57]	[.34; .61]	---	-.49***	.32***
Wb	[-.31; .03]	[-.49; -.18]	[-.61; -.34]	---	-.22**
Vt	[.05; .38]	[.22; .52]	[.16; .47]	[-.38; -.05]	---

Anmerkungen. Vb, Ak, We, Wb, Vt = Abkürzungen der fünf Subskalen; Zusammenhangsmaß: Pearsons r; °: $p \leq .10$; *: $p \leq .05$; **: $p \leq .01$; ***: $p \leq .001$; oberhalb der Diagonalen: Korrelation; unterhalb der Diagonalen: 95%-Konfidenzintervall.

Tab. 7. Korrelation der (Sub-)Skalen und der Kompositskala mit anderen studiums- und disziplinbezogenen Orientierungen.

	Vb	Ak	We	Wb	Vt	K _{SBS}
BZ	-.10 [-.27; .08]	-.16° [-.32; .02]	-.06 [-.23; .12]	.05 [-.54; .22]	.10 [-.08; .27]	-.07 [-.25; .11]
ZH	.11 [-.06; .28]	.13 [-.05; .30]	.43*** [.28; .56]	-.41*** [-.54; -.25]	.36*** [.20; .50]	.40*** [.24; .54]
SK	.22* [.05; .38]	.03 [-.14; .21]	.32*** [.16; .47]	-.12 [-.29; .06]	-.10 [-.27; .08]	.16° [-.02; .33]
S	.14 [-.03; .31]	.07 [-.11; .24]	.35*** [.18; .49]	-.17° [-.34; .00]	.04 [-.14; .21]	.21* [.03; .37]
W	.14 [-.03; .31]	.14 [-.03; .31]	.34*** [.18; .49]	-.12 [-.29; .06]	.27** [.10; .43]	.26** [.09; .42]
SZ	.41*** [.26; .54]	.12 [-.05; .29]	.23** [.06; .39]	-.08 [-.25; .10]	.17° [-.00; .33]	.30*** [.13; .45]
IN	.41*** [.25; .54]	.19° [.02; .35]	.21* [.04; .37]	-.23** [-.39; -.06]	.20* [.03; .36]	.38*** [.22; .52]
PN						

Anmerkungen. BZ = allg. Bedürfnis nach sozialer Zugehörigkeit; ZH = Zugehörigkeitsgefühl zur Hochschule; SK = allg. akademisches Selbstkonzept; SW = studiumsspez. Selbstwirksamkeitserwartung; SZ = allg. Studiumszufriedenheit; IN = Interesse an Naturwissenschaften; PN = persönlicher Wert von Naturwissenschaften; Vb, Ak, We, Wb, Vt, K_{SBS} = Abkürzungen der fünf Subskalen und der Kompositskala; Zusammenhangsmaß: Pearsons r; °: $p \leq .10$; *: $p \leq .05$; **: $p \leq .01$; ***: $p \leq .001$; unterhalb jeder Korrelation ist das zugehörige 95%-Konfidenzintervall angegeben.

3.2 Diskriminante Validität

In Tabelle 7 sind die korrelativen Zusammenhänge zwischen den gebildeten (Sub-)Skalen und den anderen studiums- und disziplinbezogenen Orientierungen (vgl. Abschnitt 2.2.2) dargestellt. Die Hälfte der Korrelationen (20) weist einen auffällig kleinen p-Wert ($p \leq .05$) auf. Überwiegend zeigen sich keine ($|r| < .10$) oder nur geringe

($.10 \leq |r| < .30$) korrelative Zusammenhänge (Cohen, 1988, S. 77ff.). Vereinzelt treten auch moderat ausgeprägte Korrelationen auf ($.30 \leq |r| < .50$), vor allem mit dem Zugehörigkeitsgefühl zur eigenen Hochschule, was aufgrund der Nähe dieser studiumsbezogenen Orientierung zu SBS zu erwarten war (vgl. Abschnitt 1.1). Da sich insbesondere keine starken korrelativen Zusammenhänge ($|r| \geq .50$) zeigen, können die Ergebnisse der Korrelationsanalyse als deutliche Hinweise für diskriminante Validität interpretiert werden (Hypothese H1).

3.3 Differenzielle Analysen und Konstruktvalidität

Vergleichbares gilt für die Ergebnisse der differenziellen Analysen: Erwartungskonform zeigen sich signifikante Medianunterschiede (vgl. Abbildung 1) auf der Kompositskala...

- ... zwischen Studierenden mit nur einem und mit zwei naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern (Hypothese H2),
- ... zwischen Studierenden des gymnasialen und Studierenden eines nichtgymnasialen Lehramts (Hypothese H3),
- ... und zwischen männlichen und weiblichen Teilnehmer*innen (Hypothese H4).

Die Größe dieser Medianunterschiede ist allerdings als gering einzuschätzen ($.15 \leq |r_{ES}| \leq .17$; Pallant, 2007, S. 225). Zu benennen sind außerdem die signifikanten und moderat ausgeprägten Medianunterschiede auf der Verbundenheits-Skala zum einen zwischen Teilnehmer*innen, die unterschiedlich viele naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer studieren ($|r_{ES}|=.35$), zum anderen zwischen Studierenden verschiedener Lehramtstypen ($|r_{ES}|=.30$). Darüber hinaus schätzen sich weibliche Studierende auf der Wahrnehmungsbedürfnis-Skala im Median signifikant höher ein, als männliche Studierende ($|r_{ES}|=.19$). Zu beachten ist, dass alle Items dieser Subskala negativ gepolt sind (vgl. Abschnitt 3.2.2); ein hoher Skalenwert entspricht daher einem geringen Wahrnehmungsbedürfnis. Ferner sind auf der Wohlempfindens-Skala bei den Gruppenvergleichen zu (H2) und (H4) signifikante und gering ausgeprägte Medianunterschiede festzustellen ($.19 \leq |r_{ES}| \leq .21$).

Im Rahmen der differenziellen Analysen wurde zudem überprüft, ob sich zwischen dem Alter der Studierenden und den (Sub-)Skalen des Fragebogens korrelative Zusammenhänge zeigen sowie ferner, ob sich signifikante Medianunterschiede zwischen Studierenden zeigen, die vor ihrem Lehramtsstudium eine bzw. keine Berufsausbildung oder ein bzw. kein anderes Studium absolvierten. Alle hierbei durchgeführten Analysen hatten ein nicht signifikantes Ergebnis (Alter: $.06 \leq |r| \leq .12$; Berufsausbildung: $.07 \leq |r_{ES}| \leq .11$; anderes Studium: $.00 \leq |r_{ES}| \leq .10$).

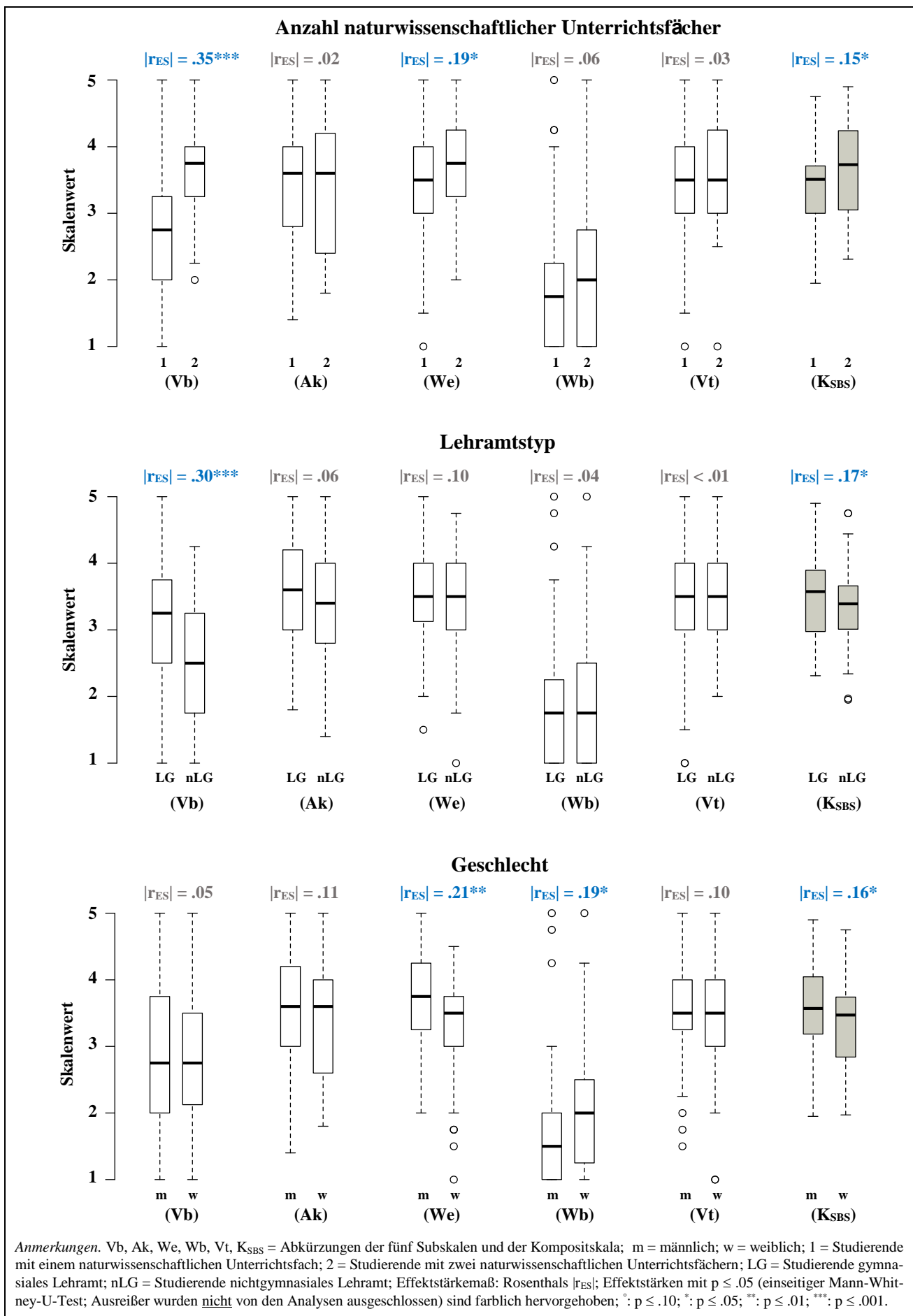


Abb. 1. Ergebnisse der differenziellen Analysen zum SBS von Lehramtsstudierenden (Boxplots).

4 DISKUSSION & FAZIT

Im vorliegenden Beitrag wurden die Ergebnisse einer Studie berichtet, in der geprüft wurde, inwieweit sich der Sense of Belonging to Science von angehenden Naturwissenschaftslehrkräften mit Hilfe eines Selbstauskunftsfragebogens reliabel und valide erfassen lässt. Durch eine explorative Analyse der Daten von $N = 129$ angehenden Naturwissenschaftslehrkräften konnte im Einklang mit der SBS-Definition aus Abschnitt 1.1 gezeigt werden, dass der entwickelte Fragebogen fünf Subskalen umfasst, von denen jede eine (sehr) gute interne Konsistenz aufweist und aus denen eine Kompositskala mit akzeptabler Reliabilität gebildet werden kann. Schließlich lieferten weiterführende Analysen deutliche Hinweise dafür, dass mit Hilfe der Kompositskala der Sense of Belonging to Science valide erfasst werden kann. Zum einen korreliert die Kompositskala (wenn überhaupt) höchstens moderat mit Skalen, die studiums- und disziplinbezogene Orientierungen erfassen, die von SBS unterscheidbar sind (vgl. Tabelle 7). Zum anderen gaben – erwartungskonform zu den Hypothesen, anhand derer die Validität geprüft wurde – weibliche Studierende, Studierende mit einem naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach sowie Studierende, die ein nichtgymnasiales Lehramt studieren auf der Kompositskala eine im Median signifikant geringere Selbsteinschätzung ab, als dies männliche Studierende, Studierende mit zwei naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern bzw. angehende Gymnasiallehrkräfte taten. Ergo: Die Ergebnisse der Datenanalyse sprechen deutlich dafür, dass der entwickelte Fragebogen den SBS angehender Naturwissenschaftslehrkräfte reliabel und valide erfasst.

Neben diesen sehr positiven Ergebnissen weist die vorliegende Studie auch Grenzen auf. Die deutlichste Beschränkung ist die, dass aufgrund der vergleichsweise kleinen Stichprobe ($N = 129$) sowie des explorativen Herangehens bei der Datenanalyse – insbesondere die explorative Faktorenanalyse als strukturentdeckendes Verfahren – die berichteten Ergebnisse als vorläufige Befunde zu betrachten sind, die sich in konfirmatorisch angelegten Untersuchungen mit größerem Stichprobenumfang erst noch bewähren müssen. Hinzu kommt, dass im Rahmen der Datenerhebung ausschließlich Lehramtsstudierende befragt wurden, die zum Erhebungszeitpunkt in ihrem Studium bereits deutlich fortgeschritten waren. Ob der entwickelte Fragebogen SBS auch bei angehenden Naturwissenschaftslehrkräften in der Studieneingangsphase reliabel und valide erfasst, kann auf Grundlage der vorliegenden Studie nicht beantwortet werden. Analoges gilt für angehende Naturwissenschaftslehrkräfte, die in ihrem Studium nur eine geringe naturwissenschaftliche Fachausbildung erfahren, wie dies beispielsweise in vielen Primarstufenlehramtsstudiengängen praktiziert wird (Möller, 2004, S. 77). Derartige Studierende waren nicht Teil der hier analysierten Stichprobe. Es gilt daher noch zu klären, ob der entwickelte Fragebogen auch bei solchen Studierenden den SBS reliabel und valide erfasst.

Ungeachtet der benannten Beschränkungen liefert die vorliegende Studie auch Hinweise darauf, inwieweit der entwickelte Fragebogen in zukünftigen Untersuchungen gewinnbringend eingesetzt werden könnte. Erstens: Da sich keine signifikanten Korrelationen zwischen SBS und dem allgemeinen Bedürfnis nach sozialer Zugehörigkeit zeigten (vgl. Tabelle 7), erscheint es für zukünftige Forschung lohnenswert den Zusammenhang von SBS mit alternativen Proxis für Persönlichkeitseigenschaften zu untersuchen (bspw. den Big Five, deren Zusammenhang zum Zugehörigkeitsgefühl von Studierenden zur eigenen Hochschule bereits untersucht wurde; vgl. Lounsbury et al., 2003). Zweitens weisen die signifikanten Korrelationen (vgl. Tabelle 7) der Kompositskala mit der studiumsspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung sowie der allgemeinen Studiumszufriedenheit der Teilnehmer*innen darauf hin, dass der entwickelte Fragebogen dazu geeignet sein könnte den Sense of Belonging to Science (z. B. im Rahmen eines Strukturgleichungsmodells) als einen Bedingungsfaktor für den Bildungserfolg angehender Naturwissenschaftslehrkräfte zu modellieren. Zudem könnte drittens der entwickelte Fragebogen auch dazu eingesetzt werden den Effekt von spezifischen Interventionen, deren Ziel die Steigerung des SBS von Naturwissenschaftslehramtsstudierenden ist, zu evaluieren⁵. Derartige Interventionen könnten insbesondere dazu beitragen, Unterschieden zwischen Lehramtsstudierenden hinsichtlich ihres SBS entgegenzuwirken, wie sie aus den differenziellen Analysen der vorliegenden Studie hervorgehen. Da allerdings die Medianunterschiede in der hier analysierten Stichprobe (nahezu) durchgehend gering ausgefallen sind, gilt es in jedem Fall zunächst in weiteren Untersuchungen (die auch andere Hochschulstandorte umfassen sollten) zu klären, inwieweit sich die Ergebnisse der differenziellen Analysen der vorliegenden Studie replizieren lassen.

ANMERKUNG

Diese Veröffentlichung entstand im Rahmen des Projekts ProfaLe der Universität Hamburg. ProfaLe wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Projektkennzeichen 01JA1811 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

⁵ Bereits entwickelte und evaluierte *Sense-of-Belonging*-Interventionen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich im Allgemeinen finden sich z. B. bei Walton et al. (2015) sowie Pietri et al. (2019).

LITERATUR

- Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The need to belong: Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological Bulletin*, *117*(3), 497–529.
- Baumert, J., Kunter, M., & Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Löwen, K., Neubrand, M., Tsi, Y.M. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Beierlein C., Kemper C. J., Kovaleva A., Rammstedt B. (2012). *Kurzskala zur Messung des zwischenmenschlichen Vertrauens: Die Kurzskala Interpersonales Vertrauen (KUSIV3)*. GESIS Working Papers 2012/22. Köln: GESIS; 2012.
- Bilimoria, D., & Stewart, A. (2009). "Don't Ask, Don't Tell": The Academic Climate for Lesbian, Gay, Bisexual, and Transgender Faculty in Science and Engineering. *NWSA Journal*, *21*(2), 85-103.
- Breyer, B. (2015). Social Trust Scale (ESS). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen. <https://doi.org/10.6102/zis235>
- Bühner, M. (2011). Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. München: Pearson Studium.
- Cech, E. A., & Rothwell, W. R. (2018). LGBTQ Inequality in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, *107*(4), 583–610.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Danielsson, A. T., Andersson, K., Gullberg, A., Husénius, A., & Scantlebury, K. (2016). "In biology class we would just sit indoors...": Experiences of insideness and outsideness in the places student teachers' associate with science. *Cultural Studies of Science Education*, *11*(4), 1115–1134.
- de Beer, J., Smith, U., & Jansen, C. (2009). 'Situated' in a separated campus – Students' sense of belonging and academic performance: A case study of the experiences of students during a higher education merger. *Education as Change*, *13*(1), 167–194.
- Deci, E. L., & Ryan M. (1993). Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, *39*(2), 223–238.
- Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. Konstruktion und Überprüfung eines neuen Instrumentes. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, *23*(4), 393–405.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer-Verlag.
- Fejes A., & Köpsén, S. (2014). Vocational teachers' identity formation through boundary crossing. *Journal of Education and Work*, *27*(3), 265–283.
- Findley-Van Nostrand, D., & Pollenz R. S. (2017). Evaluating psychosocial mechanisms underlying STEM persistence in undergraduates: Evidence of impact from a six-day pre-college engagement STEM academic program. *CBE – Life Sciences Education*, *16*(2), o. S.
- Fischer, M. J. (2007). Settling into Campus Life: Differences by Race/Ethnicity in College Involvement and Outcomes. *The Journal of Higher Education*, *78*(2), 125–156.
- Frey A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artel, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E., & Perkun, R. (Hrsg.) (2009). *PISA 2006. Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann.
- Gillen-O'Neel, C. (2019). Sense of Belonging and Student Engagement: A Daily Study of First- and Continuing-Generation College Students. *Research in Higher Education*.
- Götschel, H. (2017). Drehmomente fallender Pinguine. Queer-dekonstruktive Perspektiven in der Physik. In Balzter, N., Klenk, F. C., & Zitzelsberger, O. (Hrsg.), *Queering MINT. Impulse für eine dekonstruktive Lehrer_innenbildung* (S. 129-151). Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Good, C., Rattan, A., & Dweck, C. S. (2012). Why do women opt out? Sense of belonging and women's representation in mathematics. *Journal of Personality and Social Psychology*, *102*(4), 700–717.
- Goodenow, C. (1993). The psychological sense of school membership among adolescents: Scale development and Educational Correlates. *Psychology in the Schools*, *30*, 79-90.
- Hartung, F.-M., & Renner, B. (2014). The Need to Belong and the Relationship Between Loneliness and Health. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, *22*(4), 194–201.
- Hormuth, S., & Lalli, M. (2014). Bereichsspezifische Selbstzufriedenheit. *Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen*. doi:10.6102/zis72
- Johnson, D. R. (2011). Women of color in science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *New Directions for Institutional Research*, *2011*(152), 75–85.

- Kiesler, L. (2018). *Studienbedingungen auf dem psychologischen Prüfstand – eine empirische Untersuchung*. Dissertation Universität Wuppertal.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. London: Routledge.
- Kreitz, R. (2000). *Vom Biographischen Sinn des Studierens. Die Herausbildung fachlicher Identität im Studium der Biologie*. Opladen: Leske + Budrich.
- Kuchynka, S., Findley-Van Nostrand, D., & Pollenz, R. S. (2019). Evaluating psychosocial mechanisms underlying STEM persistence in undergraduates: Scalability and longitudinal analysis of three cohorts from a six-day pre-college engagement STEM academy program. *CBE – Life Sciences Education, 18*(3), o. S.
- Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T., & Schehl, J. (2013). *Statistik. Eine verständliche Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Liebau, E., & Huber, L. (1985). Die Kultur der Fächer. *Neue Sammlung, 25*(3), 314–339.
- Lewis, K. L., & Hodges, S. D. (2015). Expanding the concept of belonging in academic domains: Development and validation of the Ability Uncertainty Scale. *Learning and Individual Differences, 37*, 197–202.
- Lounsbury, J. W., Loveland, J. M., & Gibson, L. W. (2003). An investigation of psychological sense of community in relation to Big Five personality traits. *Journal of Community Psychology, 31*(5), 531–541.
- McDonald, R. P. (1999). *Test Theory. A Unified Treatment*. New York: Psychology Press.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In Merckens, H. (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65–84), Opladen: Leske + Budrich.
- Oevermann, U. (2010). Der Gegenbegriff zur Gesellschaft ist nicht Natur sondern Kultur. In Herrschaft, F., & Lichtblau, K. (Hrsg.), *Soziologie in Frankfurt. Eine Zwischenbilanz* (S. 369–406). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Pallant, J. (2007). *SPSS Survival Manual. A Step by Step Guide to Data Analysis using SPSS for Windows*. Maidenhead: Open University Press.
- Pietri, E. S., Hennes, E. P., Dovidio, J. F., Brescoll, V. L., Bailey, A. H., Moss-Racusin, C. A., & Handelsman, J. (2019). Addressing unintended consequences of gender diversity interventions on women's sense of belonging in STEM. *Sex Roles: A Journal of Research, 80*(9–10), 527–547.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. Wien: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rainey, K., Dancy, M., Mickelson, R., Stearns, E., & Moller, S. (2018). Race and gender differences in how sense of belonging influences decisions to major in STEM. *International Journal of STEM Education, 5*, o. S.
- Rattan, A., Savani, K., Komarraju, M., Morrison, M. M., Boggs, C., & Ambady, N. (2018). Meta-lay theories of scientific potential drive underrepresented students' sense of belonging to science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *Journal of Personality and Social Psychology, 115*(1), S. 54–75.
- Revelle, W., & Wilt, J. (2013). The general factor of personality: A general critique. *Journal of Research in Personality, 47*(5), 493–504.
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research*. London: Sage Publications Ltd.
- Schenk, B. (2007). Fachkultur und Bildung in den Fächern Chemie und Physik. In Lüders, J. (Hrsg.), *Fachkulturforschung in der Schule* (S. 83–100). Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Schmid, J. J., & Leiman, J. M. (1957). The development of hierarchical factor solutions. *Psychometrika, 22*(1), 83–90.
- Shin, J. E. L., Levy, S. R., & London, B. (2016). Effects of role model exposure on STEM and non-STEM student engagement. *Journal of Applied Social Psychology, 46*(7), S. 410–427.
- Slaten, C., Ferguson, J., Allen, K., Brodrick, D., & Waters, L. (2016). School Belonging: A Review of the History, Current Trends, and Future Directions. *The Educational and Developmental Psychologist, 33*(1), 1–15.
- Strayhorn, T. L. (2007). Factors Influencing the Academic Achievement of First-Generation College Students. *Journal of Student Affairs Research and Practice, 43*(4).
- Strayhorn, T. L. (2019). *College Students' Sense of Belonging: A Key to Educational Success for All Students*. Routledge.
- Thoman, D. B., Arizaga, J. A., Smith, J. L., Story, T. S., & Soncuya, G. (2014). The Grass Is Greener in Non-Science, Technology, Engineering, and Math Classes: Examining the Role of Competing Belonging to Undergraduate Women's Vulnerability to Being Pulled Away From Science. *Psychology of Women Quarterly, 38*(2), 246–258.
- van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. C. (1994). *The think aloud method. A practical guide to modelling cognitive processes*. Academic Press.

von Wensierski, H.-J. (2015). *Technik und Naturwissenschaft im Jugendalter. Techniksozialisation und Fachorientierung im Geschlechtervergleich – eine empirische Schülerstudie*. Opladen: Verlag Barbara Budrich.

Walton, G. M., Logel, C., Peach, J. M., Spencer, S. J., & Zanna, M. P. (2015). Two brief interventions to mitigate a “chilly climate” transform women’s experience, relationships, and achievement in engineering. *Journal of Educational Psychology*, 107(2), 468–485.

Wenger, E. (1998). *Communities of Practice. Learning, Meaning and Identity*. Cambridge: Cambridge University Press.

Willems, K. (2007). *Schulische Fachkulturen und Geschlecht. Physik und Detusch – natürliche Gegenpole?*. Bielefeld: transcript Verlag.

Wolff, H.-G., & Bacher, J. (2010). Hauptkomponentenanalyse und explorative Faktorenanalyse. In Wolf, C., & Best (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse* (S. 333–365). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Zinbarg, R. E., Yovel, I., Revelle, W., and McDonald, R. P. (2006). Estimating generalizability to a latent variable common to all of a scale’s indicators: A comparison of estimators for ω_h . *Applied Psychological Measurement*, 30(2), 121–144.

APPENDIX

Appendix 1: Fragebogen zum Sense of Belonging to Science (Items, deren Codierung bei der Datenanalyse invertiert wurde, sind durch ,♦‘ gekennzeichnet)

Der Begriff naturwissenschaftliche Community bezieht sich auf die breite Gruppe von Menschen, die sich akademisch mit Naturwissenschaften beschäftigen. Hierzu zählen zum Beispiel (angehende) Biolog*innen, Chemiker*innen und Physiker*innen, die an einer Hochschule oder einem Forschungsinstitut tätig sind.

Bitte antworten Sie auf die folgenden Fragen, basierend darauf, wie Sie aufgrund Ihrer bisherigen Erfahrungen über die naturwissenschaftliche Community im Allgemeinen denken.

trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	teils-teils	trifft eher zu	trifft zu
<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

Ich empfinde mich...

- (1) der naturwissenschaftlichen Community zugehörig.
- (2) als Vertreter*in der naturwissenschaftlichen Welt.
- (3) der naturwissenschaftlichen Community verbunden.
- (4) als Teil der naturwissenschaftlichen Community.

Von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community fühle ich mich...

- (5) akzeptiert.
- (6) respektiert.
- (8) wertgeschätzt
- (9) nicht beachtet. ♦
- (11) ausgeschlossen. ♦

Im Umfeld von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community fühle ich mich...

- (15) wohl.
- (16) angespannt. ♦
- (18) zufrieden.
- (19) gelassen.

Im Umfeld von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community...

- (21) wünsche ich mir im Hintergrund verschwinden zu können.
- (22) hoffe ich möglichst nicht wahrgenommen zu werden.
- (23) versuche ich so wenig wie möglich zu sagen.
- (25) wünsche ich mir unsichtbar zu sein.

Ich bin davon überzeugt, dass insbesondere Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community...

- (28) Menschen sind, auf die ich mich verlassen kann.
- (29) Menschen sind, denen ich vertrauen kann.
- (30) fair mit mir umgehen.
- (31) mir gegenüber hilfsbereit sind.

Appendix 2: Im Rahmen der Datenanalyse ausgeschlossene Items (Items, deren Codierung bei der Datenanalyse invertiert wurde, sind durch ,♦‘ gekennzeichnet)

Von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community fühle ich mich...

- (7) nicht berücksichtigt. ♦
- (10) gewürdigt.

Im Umfeld von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community fühle ich mich...

- (12) unbedeutend. ♦
- (13) unbefangen. ♦
- (14) ängstlich. ♦
- (17) nervös. ♦
- (20) unzulänglich. ♦

Im Umfeld von Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community...

- (24) genieße ich es mich aktiv einzubringen. ♦

Ich bin davon überzeugt, dass insbesondere Menschen aus der naturwissenschaftlichen Community...

- (26) Menschen sind, vor denen ich mich ständig beweisen muss. ♦
- (27) mir gegenüber gute Absichten haben.

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

DAS POTENZIAL PHILOSOPHISCHER GESPRÄCHE IM BIOLOGIEUNTERRICHT ZUM THEMA EVOLUTION

Deborah Bernhard¹, Markus Wilhelm¹, Dominik Helbling¹

¹Pädagogische Hochschule Luzern

*Please adress all correspondence to Deborah Bernhard, deborah.bernhard@phlu.ch

STRUCTURED ABSTRACT

Hintergrund: Unter Naturwissenschaftler*innen ist die herausragende Bedeutung der Evolutionstheorie für die Biologie und darüber hinaus unbestritten. Mit Einführung des Lehrplans 21 an Schweizer Schulen wird die bisher marginalisierte und unter Laien nach wie vor kontrovers diskutierte Thematik erstmalig ein verbindlicher Bestandteil der Volksschulbildung. Die fehlende Akzeptanz der Evolution sowie die Entwicklung von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen gelten im Biologieunterricht als grosse Herausforderung.

Ziel: Der theoretische Beitrag beschreibt die zentralen Einflussfaktoren für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution und fokussiert dabei die bislang wenig beachtete Interaktion von Religiosität und Verständnis von *nature of science*. Der Artikel zeigt auf, wie philosophische Gespräche mit Kindern und Jugendlichen im Biologieunterricht zur Förderung der Akzeptanz und des Verständnisses der Evolution beitragen können.

Design und Methode: Wichtige Faktoren für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution werden dargelegt; anschliessend wird das Potenzial philosophischer Gespräche in diesem Wirkungsgeflecht diskutiert.

Ergebnisse: Philosophische Gespräche im Kontext der Evolution können die Entwicklung von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen sowie das Verständnis von *nature of science* fördern und sich – durch eine Reduktion des wahrgenommenen Konfliktes zwischen Evolution und religiösen Überzeugungen – positiv auf die Akzeptanz der der Evolution auswirken.

Schlussfolgerungen/Bedeutung für die Lehrpraxis und künftige Forschung: Die theoretisch dargelegten Zusammenhänge sollen in einer quasi-experimentellen Interventionsstudie im Prä-Posttestdesign anhand einer Stichprobe von 22 Sekundarklassen überprüft werden. Daraus ergeben sich Hinweise für die Integration philosophischer Gespräche in den naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere im Kontext der Evolution.

Keywords: Philosophieren mit Kindern, Nature of Science, Evolution, Akzeptanz der Evolution, Biologieunterricht

Received: April 2020. **Accepted:** August 2020.

Background: The outstanding importance of the theory of evolution for biology and beyond is undisputed among scientists. With the introduction of the new curriculum *Lehrplan 21* in Switzerland, the previously marginalized and among laypeople still controversially discussed topic will become a binding component of secondary school. The lack of acceptance of evolution and the development of adequate scientific concepts are considered to be a major challenge in biology education.

Purpose: The theoretical article describes the central factors influencing the acceptance and understanding of evolution and focuses on the previously neglected interaction of religiosity and understanding of the *nature of science*. The article shows how philosophical discussions with children and adolescents in biology classes can promote acceptance and understanding of evolution.

Design and Method: Important factors for the acceptance and understanding of evolution are presented; then the potential of philosophical discussions in this network of effects is discussed.



Results: Philosophical discussions in the context of evolution can promote the development of adequate scientific concepts as well as the understanding of the *nature of science* and – by reducing the perceived conflict between evolution and religious beliefs – have a positive effect on the acceptance of evolution.

Conclusions/Implications for classroom practice and future research: The theoretically presented relationships are to be examined in a quasi-experimental intervention study with pretest-posttest design using a sample of 22 secondary classes. This provides insights into the integration of philosophical discussions in science classes, especially in the context of evolution.

Keywords: *Philosophy for Children, Nature of Science, Acceptance of Evolution, Biology Education*

Received: April 2020. **Accepted:** August 2020.

1 EINLEITUNG

Die Evolutionstheorie stösst – obwohl unter Naturwissenschaftler*innen unbestritten – nach wie vor auf Widerstand und führt zu gesellschaftlichen Kontroversen. So hielten im Jahr 2005 lediglich 60 Prozent der Schweizer Bevölkerung die Aussage «Menschen, so wie wir sie kennen, haben sich aus früheren Tierarten entwickelt» für wahr (Miller, Scott & Okamoto, 2006). Diese gesellschaftliche Realität beeinflusst unweigerlich auch den Schulunterricht und widerspiegelt sich in den Einstellungen der Schüler*innenschaft (Eder, Turic, Milasowszky, van Adzin & Hergovich, 2011; Lammert, 2012). Neben der fehlenden Akzeptanz der Evolution stellt insbesondere die Vermittlung von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen zur Thematik in der Schule eine Herausforderung dar. Alltags- oder Fehlvorstellungen überdauern den Unterricht häufig (Fenner, 2013; Johannsen & Krüger, 2005b; Kattmann, 2017a; Lammert, 2012; Weitzel & Gropengiesser, 2009). Die existierende Opposition und Unkenntnis erweisen sich aus verschiedenen Gründen als problematisch. Nichts in der Biologie ergibt Sinn, sofern es nicht im Lichte der Evolution betrachtet wird – wie dies Dobzhansky (1973) in seinem viel zitierten Essay formuliert. Zugleich erfordert der mündige Umgang mit Themen von individueller und gesellschaftlicher Relevanz ein grundlegendes Verständnis der Evolutionstheorie, da strittige Fragen im Bereich der Landwirtschaft, der Medizin, des Klimawandels oder der Genetik tangiert werden (Dunk & Wiles, 2018; L. S. Mead & Branch, 2011). Mangelnde Akzeptanz und fehlendes Wissen sind zugleich Ursache und Folge der Marginalisierung der Evolution im Unterricht auf der Sekundarstufe 1. Der Evolutionstheorie wurde in der Schweiz aufgrund der Skepsis der Kirche aber auch der Bevölkerung insgesamt keine Priorität in Lehrplänen eingeräumt, so dass diese nur selten Eingang in den Unterrichtsalltag fand. Diese Tendenz wurde durch die Lehrpersonenausbildung verstärkt, in welcher angehende Lehrer*innen nur unzureichend mit der Thematik konfrontiert wurden und somit geringe Kenntnisse aufwiesen (Wilhelm, 2007). Ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung kam so – wenn überhaupt – ausschliesslich über ausserschulische Quellen in Kontakt mit der Evolutionstheorie. Da Verständnis und Akzeptanz der Evolution zusammenhängen (vgl. Kapitel 3), ist es vermutlich diesem Umstand geschuldet, dass die Evolutionstheorie

sich nur langsam in breiteren Bevölkerungskreisen etablieren konnte.

Mit Einführung des Lehrplans 21 wird die Thematik ein verbindlicher Bestandteil der Volksschulbildung (Deutscheschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz [D-EDK], 2016), so dass den beschriebenen Herausforderungen mit neuer Dringlichkeit begegnet werden muss.

Der vorliegende theoretische Beitrag skizziert in einem ersten Abschnitt die Herausforderungen, welche sich aus der Diversität der Begriffsdefinitionen und Messinstrumente ergeben und führt anschliessend die zentralen Faktoren aus, welche die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution beeinflussen. Vor diesem Hintergrund wird folglich das Potenzial philosophischer Gespräche in der aufgezeigten Problematik dargelegt.

2 BEGRIFFE UND ERHEBUNGSINSTRUMENTE

In vielen empirischen Studien zur Evolution werden Begriffe wie Akzeptanz, Verständnis oder Religiosität verwendet, ohne dass diese genauer definiert werden. Die Diversität in der Begriffsverwendung manifestiert sich in einer Vielzahl an eingesetzten Erhebungsinstrumenten, welchen unterschiedliche Prämissen zugrunde liegen. Diese Unschärfe im Gebrauch von Begriffen und Messinstrumenten wird in empirischen Untersuchungen wirksam und könnte die teils widersprüchlichen Ergebnisse erklären. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit Begrifflichkeiten und insbesondere Messinstrumenten würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, findet sich jedoch in der Arbeit von Beniermann (2019).

Das wohl am häufigsten eingesetzte Messinstrument zur Erfassung der Akzeptanz der Evolution ist MATE (*Measure of Acceptance in Evolution*) (Rutledge & Warden, 1999). Dieser Test wird jedoch zunehmend aufgrund seines rein kognitiven Verständnisses von Akzeptanz sowie der nicht eindeutigen Unterscheidung von Wissen und Einstellung kritisiert (Konnemann, Asshoff & Hamann, 2012). Zwei weitere wichtige Erhebungsverfahren, welche in Folge dieser Kritik entwickelt wurden, sind I-SEA (*Inventory of Student Evolution Acceptance*) (Nadelson & Southerland, 2012) sowie GAENE (*Generalized Acceptance of Evolution Evaluation*) (Smith, Snyder & Devereaux, 2016). Als weitere Problematik bei Befragungsinstrumenten zur Akzeptanz erweist sich nach Elsdon-Baker (2015) das

framing. Die Ergebnisse von Studien werden durch die präsentierte Beziehung von Evolution und Glaube beeinflusst. Die Autorin kritisiert in ihrem Artikel die häufige Verknüpfung der Akzeptanz der Evolution mit einer atheistischen Weltansicht, welche Kreationist*innen hervorbringt, auf welche diese Zuschreibung nicht zutrifft.

Ähnlich divers zeigen sich Erhebungsinstrumente zum Verständnis der Evolution. Unter Verständnis werden in der Regel adäquate naturwissenschaftliche Konzepte verstanden, welche sich somit von Fehl- oder Alltagsvorstellungen unterscheiden. In der Thematik der Evolution sind diese Fehl- oder Alltagsvorstellungen bei Schüler*innen mannigfaltig (Graf & Hamdorf, 2012; Johannsen & Krüger, 2005a) und sollen durch den Unterricht verändert werden (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017).

Die Religiosität der Proband*innen wird in den verschiedenen Studien ebenfalls sehr unterschiedlich erfasst. Häufig werden dazu einzelne Items eingesetzt, in welchen die eigene Religiosität insgesamt oder die Anzahl Gottesdienstbesuche eingeschätzt werden muss. Validierte, aufgrund theoretischer Konstrukte entwickelte Skalen finden sich kaum.

Die unscharfen Begriffsdefinitionen sowie die Vielfalt der Erhebungsinstrumente erschweren die Vergleichbarkeit der Studien. Es ist einleuchtend, dass die beschriebenen Schwierigkeiten – beispielsweise das *framing* von Instrumenten oder die unklare Unterscheidung von Wissen und Einstellung – Untersuchungsergebnisse beeinflussen, was bei der Interpretation der Studien berücksichtigt werden muss. Aufgrund der Prävalenz in der Literatur werden in diesem Artikel die Begriffe Akzeptanz und Verständnis der Evolution (weiter-)verwendet. Erwähnenswert scheint ausserdem, dass die vorhandenen Messinstrumente aufgrund ihrer Komplexität und des benötigten Vorwissens kaum für Schweizer Sekundarschulen geeignet sind.

3 ZENTRALE EINFLUSSFAKTOREN FÜR AKZEPTANZ UND VERSTÄNDNIS

In zahlreichen Forschungsarbeiten konnten Faktoren ermittelt werden, welche für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution bedeutsam sind. Die im Kapitel 3 und 4 aufgeführten Studien im Kontext der Evolution schliessen unterschiedliche Stichproben und kulturelle Kontexte ein, welche in der Tabelle 1 übersichtlich dargestellt werden. Wie sich die beiden Aspekte gegenseitig beeinflussen ist noch nicht abschliessend geklärt. Der aktuelle Forschungsstand lässt jedoch vermuten, dass von einem positiven reziproken Zusammenhang ausgegangen werden kann (Akyol, Tekkaya, Sungur & Traynor, 2012; Carter & Wiles, 2014; Deniz, Donnelly & Yilmaz, 2008; Dunk & Wiles, 2018; Fenner, 2013; Rutledge & Warden, 2000). Eine Akzeptanz der Evolution kann sich günstig auf das Lernen auswirken (Yasri & Mancy, 2014), das Verständnis wiederum die Akzeptanz erhöhen (R. Mead, Hejmadi & Hurst, 2018). Damit das Verständnis eine Wirkung auf die Akzeptanz entfalten kann, muss jedoch

– so wird angenommen – ein bestimmtes fachliches Niveau erreicht werden (Sinatra, Southerland, McConaughy & Demastes, 2003).

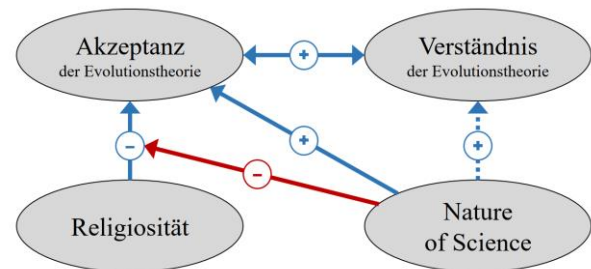


Abb. 1. Zusammenhang zwischen den zentralen Einflussfaktoren, mit nature of science als moderierendem Faktor zwischen Religiosität und Akzeptanz

Als gewichtige Hürde auf dem Weg zur Akzeptanz der Evolution hat sich die Religiosität herauskristallisiert. Untersuchungen aus zahlreichen Ländern an verschiedenen Proband*innen belegen den negativen Effekt von religiösen Überzeugungen auf die Akzeptanz sowie das Verständnis der Evolutionstheorie (Barone, Petto & Campbell, 2014; Betti, Shaw & Behrends, 2020; Dunk, Petto, Wiles & Campbell, 2017; Eder et al., 2011; Gervais, 2015; Lammert, 2012; Trani, 2004). Dieser Befund scheint auf den ersten Blick entmutigend, da das Ziel des Schulunterrichts nicht die Veränderung von Glaubensüberzeugungen sein kann und darf (Hammann & Asshoff, 2011; Sinatra et al., 2003; Williams, 2015). Bei genauerer Betrachtung der Zusammenhänge zeigt sich jedoch, dass der Effekt der Religiosität auf die Akzeptanz vermutlich durch einen weiteren Faktor moderiert wird. In einer Untersuchung mit Studierenden in den USA erklärte die Veränderung von religiösen Einstellungen lediglich 4% der Veränderung der Akzeptanz der Evolution nach einem einjährigen Biologie-Einführungskurs. Als entscheidender Faktor stellte sich das Verständnis von *nature of science* (NOS) heraus, welches fast 40% der Veränderung zu erklären vermochte (Dunk & Wiles, 2018). Zahlreiche weitere Studien untermauern die zentrale Bedeutung dieses Elementes für die Akzeptanz der Evolution. Die Veränderung des Verständnisses von *nature of science* im Laufe eines Kurses korrelierte bei Biologiestudierenden aus den USA signifikant mit der Veränderung der Akzeptanz der Evolution (Carter & Wiles, 2014). In einer Interventionsstudie mit chilenischen Sekundarschüler*innen zeigte sich in der Interventionsgruppe, in welcher Aspekte von *nature of science* explizit im Unterricht zu Evolution thematisiert wurden, eine signifikant höhere Akzeptanz, während diese in der Kontrollgruppe unverändert blieb (Cofré et al., 2018). In einer querschnittlichen Studie aus Deutschland mit knapp 4000 Sekundarschüler*innen erwies sich der Einfluss der Akzeptanz der Wissenschaft auf die Akzeptanz der Evolution als signifikant und stärker als die Faktoren Gläubigkeit und Verständnis der Evolution (Lammert, 2012). Zum gleichen Ergebnis gelangten Studien mit amerikanischen Studierenden (Dunk et al., 2017; Johnson & Peebles, 1987), mit angehenden türkischen und amerikanischen Lehrpersonen (Akyol et al., 2012; Nadelson & Sinatra,

2010), mit amerikanischen Biologielehrpersonen (Rutledge & Warden, 2000) sowie mit amerikanischen Highschool Schüler*innen (Cavallo & McCall, 2008)

In der Literatur findet sich darüber hinaus die These, dass ein differenziertes Verständnis von *nature of science* das Lernen und Verstehen von naturwissenschaftlichen Konzepten unterstützt (Driver, Learch, Millar & Scott, 1996; Duit & Treagust, 2003; Gropengießer & Marohn, 2018; McComas, Almazroa & Clough, 1998; McComas, Clough & Almazroa, 1998). Die Studien im Kontext der Evolution liefern zu diesem Zusammenhang allerdings widersprüchliche Ergebnisse (Akyol et al., 2012; Cavallo & McCall, 2008; Sinatra et al., 2003).

Weitere Faktoren – wie bestimmte Denkkonzeptionen, der Bildungsstand der Eltern oder das Geschlecht – können ebenfalls einen signifikanten Einfluss ausüben (Deniz et al., 2008; Dunk et al., 2017; Lammert, 2012; Lawson & Weser, 1990; Shtulman & McCallum, 2014). Aufgrund der herausragenden Rolle von *nature of science* für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution wird dieses Konstrukt im nächsten Abschnitt fokussiert und näher beleuchtet.

4 DIE BEDEUTUNG VON NATURE OF SCIENCE IM KONTEXT DER EVOLUTION

«Mit dem Begriff *nature of science* wird ein Meta-Wissen über naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliche Tätigkeiten bezeichnet.» (Hofheinz, 2010, S. 9). Adressiert werden demnach Fragen zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, epistemologischem Status des Wissens, gesellschaftlichen und sozialen Einflüssen auf den Erkenntnisprozess sowie Grenzen naturwissenschaftlicher Forschung (Heering & Kremer, 2018; Marniok & Reiners, 2016). Die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Erkenntnis von religiösen Erkenntnisformen zu unterscheiden – wie dies explizit im Lehrplan 21 als Kompetenzziel definiert wird – kann somit auch als Aspekt von *nature of science* aufgefasst werden (D-EDK, 2016). Ein differenziertes Verständnis dieser Divergenz kann die Sichtweise auf das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion modifizieren und den wahrgenommenen Konflikt reduzieren, ohne die Religiosität der Schüler*innen grundsätzlich in Frage zu stellen. In der bereits erwähnten Studie von Dunk und Wiles (2018) wird ebendiese Reduzierung des Konfliktes zwischen religiösen Vorstellungen und Evolution als

mögliche Ursache der steigenden Akzeptanz aufgeführt. Nach einer Typologie von Yasri und Mancy (2014), welche sich auf eine frühere Einteilung des Wissenschaftsphilosophen Ian Barbour (1990) stützen, existieren vier Möglichkeiten, Naturwissenschaft und Religion in Beziehung zu setzen: Konflikt, Kontrast, Ergänzung und Verschmelzung. Im ersten Fall erweisen sich die beiden Bereiche als unvereinbar und widersprüchlich. Die zweite Variante betont die Verschiedenheit der Erkenntnisformen mit ihren je eigenen Fragen und Methoden, welche einen Konflikt verunmöglicht. In der dritten Position werden Naturwissenschaft und Religion als komplementär und für ein umfassendes Verständnis der Welt notwendig verstanden. Die vierte Variante intendiert eine Zusammenführung der beiden Bereiche und verneint die Möglichkeit der Separierung.

Die Position des Konfliktes ist – wie dies Studien belegen (Billingsley, Taber, Riga & Newdick, 2013; Pobiner, 2016) – weit verbreitet und erschwert religiösen Schüler*innen eine Akzeptanz und ein adäquates Verständnis der Evolution. Diese Konfliktperspektive kann als mangelndes Verständnis von *nature of science* interpretiert werden, da sie Eigenheiten und Grenzen von Naturwissenschaft und Religion nicht berücksichtigt (Bayrhuber, 2011; Kattmann, 2017b).

Eine qualitative Untersuchung an einer christlichen Highschool in Thailand – an welcher das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion während einer Unterrichtseinheit zur Evolution explizit thematisiert wurde – bekräftigt die Rolle von *nature of science* als moderierenden Faktor im Zusammenspiel zwischen Religiosität und Akzeptanz der Evolution. Viele Schüler*innen zeigten nach der Intervention eine höhere Akzeptanz und führten dies unter anderem auf eine veränderte Sichtweise auf das Verhältnis von Evolution und religiösen Überzeugungen zurück (Yasri & Mancy, 2016). Eine Studie an einer Universität in den USA deutet ebenfalls darauf hin, dass die Beschäftigung mit der Kompatibilität von Evolution und Religion den wahrgenommenen Konflikt zwischen beiden Bereichen reduzieren kann. Nach einem zweiwöchigen Kurs zur Evolution, welcher Diskussionen zum Verhältnis von Evolution und religiösen Vorstellungen beinhaltete, reduzierte sich der wahrgenommene Konflikt bei religiösen als auch nicht religiösen Studierenden (Barnes, Elser & Brownell, 2017). Auch Trani (2004) kommt in seiner Studie mit amerikanischen Biologielehrkräften zu folgendem Schluss: «Teachers who have a strong understanding of the nature of science and the theory of evolution accept evolution, even if they

Tab. 1. Übersicht in alphabetischer Reihenfolge zu den im Text aufgeführten Studien im Kontext der Evolution

Autor*innen (Jahr)	Inhaltlicher Fokus	Proband*innen	N	Studiendesign
Akyol, Tekkaya, Sungur & Traynor (2012)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, NOS und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bezüglich Evolutionsunterricht	Angehende Naturwissenschaftslehrkräfte in der Türkei	415	Quantitative Querschnittstudie
Barnes, Elser & Brownell (2017)	Einfluss einer Unterrichtseinheit zur Evolution auf den wahrgenommenen Konflikt zwischen Religion und Evolution	Studierende in den USA	60	Qualitative und quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign

Barone, Petto & Campell (2014)	Prädiktoren (Wissen zu Evolution, Religiosität, Bildung) für die Akzeptanz der Evolution	Besucher*innen eines öffentlichen Museums in den USA	203	Quantitative Querschnittstudie
Betti, Shaw & Behrends (2020)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit Religion und Studienprogramm	Studierende in Life Sciences im Vereinigten Königreich	344	Quantitative Querschnittstudie
Carter & Wiles (2014)	Zusammenhang von Verständnis von NOS und Einstellung zu Evolution sowie globalem Klimawandel	Biologiestudierende in den USA	620	Quantitative Längsschnittstudie
Cavallo & McCall (2008)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, Verständnis von NOS und Verständnis der Evolution	Schüler*innen einer Highschool in den USA	81	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Cofré et al. (2018)	Einfluss von Evolutionsunterricht mit NOS auf Verständnis und Akzeptanz der Evolution	Sekundarschüler*innen in Chile	39	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Deniz, Donnelly & Yilmaz (2008)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit weiteren Faktoren (Denkdispositionen, Verständnis der Evolution, Bildungsstand der Eltern)	Angehende Biologiepersonen in der Türkei	132	Quantitative Querschnittstudie
Dunk & Wiles (2018)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit weiteren Faktoren (Verständnis von NOS, genetisches Grundverständnis, evolutionäres Wissen, Religiosität)	Biologiestudierende in den USA	555 (Prätest), 362 (Posttest)	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Dunk, Petto, Wiles & Campbell (2017)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution mit weiteren Faktoren (Verständnis von NOS, Religiosität, Offenheit für Erfahrungen, Denomination, Wissen über Evolution, besuchte Biologiekurse)	Biologiestudierende in den USA	284	Quantitative Querschnittstudie
Eder, Turic, Milasowszky, van Adzin & Hergovich (2011)	Zusammenhang von paranormalen Überzeugungen und Akzeptanz der Evolution, Kreationismus und Intelligent Design	Sekundarschüler*innen aus Österreich	2129	Quantitative Querschnittstudie
Fenner (2013)	Verständnis der Evolution und Einstellungen zu Evolution zu Beginn der Sekundarstufe 1 sowie Veränderungen durch Evolutionsunterricht	Gymnasiast*innen 5./6. Klasse in Deutschland	710	Quantitative und qualitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Gervais (2015)	Zusammenhang von analytischem Denken und Akzeptanz der Evolution	Studierende in den USA	1324	Quantitative Querschnittstudie
Johnson & Peeples (1987)	Zusammenhang von Verständnis von NOS und Akzeptanz der Evolution	Studierende in den USA	971	Quantitative Querschnittstudie
Lammert (2012)	Zusammenhang von Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen zu Evolution	Schüler*innen Sekundarstufe 1 in Deutschland	3969	Quantitative Querschnittstudie
Lawson & Weser (1990)	Zusammenhang von nichtwissenschaftlichen Überzeugungen und Fähigkeit zu logischem Denken	Studierende in den USA	954	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Mead, Hejmadi & Hurst (2018)	Einfluss von Begabung in Naturwissenschaften und psychologischen Konflikten auf die Akzeptanz der Evolution	Sekundarschüler*innen im Vereinigten Königreich	1227	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign
Nadelson & Sinatra (2010)	Einfluss von Verständnis von Zufallssituationen, Verständnis von NOS und Akzeptanz der Evolution auf das Verständnis der Evolution	Angehende Lehrpersonen in den USA	89	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign und Kontrollgruppe
Rudledge & Warden (2000)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, Verständnis der Evolution und Verständnis von NOS	Biologielehrpersonen in den USA	552	Quantitative Querschnittstudie
Shtulman & McCallum (2014)	Der Zusammenhang der Fähigkeit zu Konzeptwechsellern in verschiedenen Bereichen und der Disposition zu kognitiver Reflexion	Studierende in den USA	184	Quantitative Querschnittstudie
Sinatra, Southerland, McConaughy & Demastes (2003)	Zusammenhang von Verständnis der Evolution, Akzeptanz der Evolution, epistemologischen Überzeugungen und Denkdispositionen	Studierende in den USA	93	Quantitative Querschnittstudie
Trani (2004)	Zusammenhang von Akzeptanz der Evolution, Religiosität, Verständnis von NOS und Verständnis der Evolution	Biologielehrpersonen in den USA	80	Quantitative Querschnittstudie

Yasri & Mancy (2014)	Einfluss von Sichtweisen auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft auf das Lernen zu Evolution	Schüler*innen an einer christlichen Highschool in Thailand	9	Phänomenographische Querschnittstudie mit Interviews
Yasri & Mancy (2016)	Positionen zur Beziehung von Evolution und göttlicher Schöpfung und Gründe für Veränderungen	Schüler*innen einer christlichen Highschool in Thailand	125	Quantitative Interventionsstudie mit Prä-Posttestdesign

are religious. In other words, you can be religious and accept evolution.» (S. 425) Die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft kann zugleich einen Einfluss auf das Lernen ausüben. Yasri und Mancy (2014) bezeichnen das Lernen von Schüler*innen, welche die Evolution ablehnen, in einer qualitativen Studie als *learning to falsify*, da diese primär darauf bedacht waren, ihre eigene Position zu stärken. Eine solche Herangehensweise kann den Erwerb von adäquaten naturwissenschaftlichen Vorstellungen erschweren.

Es ist zu vermuten, dass – neben der Fähigkeit zur Unterscheidung von religiösen und naturwissenschaftlichen Erkenntnisformen – noch weitere Aspekte von *nature of science* einen Effekt erzeugen. Es ist indes nach wie vor ungeklärt, welche Elemente des Konstruktes entscheidend für die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution sind (Pobiner, 2016). Die Bedeutung von *nature of science* insgesamt für die Thematik der Evolution ist aufgrund des Forschungsstandes evident. Zahlreiche Autor*innen sprechen sich deshalb dafür aus, *nature of science* und somit auch das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion in den Evolutionsunterricht zu integrieren (Farber, 2003; Ohly, 2012; Schwarmann, Smith, James & Jensen, 2005; Winslow, Staver & Scharmann, 2011; Yasri & Mancy, 2016). Dunk et al. (2019) fassen die dargelegten Zusammenhänge, welche in der Abbildung 1 visualisiert werden, folgendermassen zusammen: «Acceptance of evolution is related to understanding of not only evolution, but also the nature of science and religious attitudes and identity. Strategies to increase evolution acceptance must necessarily include a consideration of all these factors.» (S. 328)

5 PHILOSOPHIEREN MIT KINDERN UND JUGENDLICHEN ZUR FÖRDERUNG DER AKZEPTANZ UND DES VERSTÄNDNISSES

Der Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen wurde vom Hochschuldozent Matthew Lipman entwickelt und kann als Form des sokratischen Gesprächs aufgefasst werden, welches auf die philosophischen Diskussionen des antiken Philosophen Sokrates auf dem Athener Marktplatz zurückgeht (Blesenkemper, 2016; de Boer, 2015; Lipman, 1988, 2009). In philosophischen Gesprächen nach Matthew Lipman ergründen Personen in einer *community of inquiry* eine philosophische Frage und erlangen in einem ko-konstruktiven Prozess neue Erkenntnisse. Die Gesprächsleitung verhält sich dabei zurückhaltend und strukturiert und vertieft durch gezielte Fragen die philosophische Reflexion (Haynes, 2008). Solche Gespräche können im naturwissenschaftlichen

Unterricht den Aufbau von adäquaten Vorstellungen zu *nature of science* und zur Evolution befördern und zugleich die Akzeptanz erhöhen. In den folgenden Abschnitten wird das Potenzial von philosophischen Gesprächen im Kontext der Evolution dargestellt.

Zur Entwicklung von adäquaten Vorstellungen zu *nature of science* ist eine explizite Thematisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht notwendig (Hofheinz, 2010). Diese bewusste Reflexion von Fragen zu *nature of science* kann – neben bereits etablierten Methoden – mithilfe von philosophischen Gesprächen kultiviert werden. Die besondere Eignung des Philosophierens ergibt sich aufgrund inhaltlicher Überschneidungen, da Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsethik Teilbereiche der Philosophie darstellen (Michalik, 2009). Nach McComas und Olson (1998) ermöglichen vier Disziplinen Einblicke in *nature of science*; die Philosophie, die Soziologie, die Geschichte und die Psychologie. Die Philosophie stellt dabei – wie in Abbildung 2 ersichtlich – die wichtigste Bezugsdisziplin dar. Diese kann folglich einen spezifischen Beitrag an das Verständnis von *nature of science* leisten, indem unterschiedliche Erkenntnisfor-

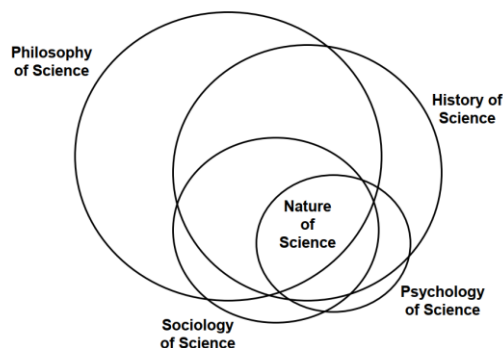


Abb. 2. Komponenten von NOS nach McComas und Olson (1998)

men, Grenzen und Chancen von Naturwissenschaft und Religion sowie ihr Verhältnis zueinander in den Unterricht integriert werden. Nach Michalik (2009) erweist sich der reflexive und metakognitive Charakter des Philosophierens dabei als zentral, da das Nachdenken über den naturwissenschaftlichen Forschungsprozess ein wichtiger Aspekt zur Förderung von Kompetenzen im Bereich *nature of science* darstellt.

Für das Verständnis und die Akzeptanz der Evolution sind subjektive Erfahrungen und intuitive Vorstellungen von herausragender Bedeutung. Philosophische Gespräche knüpfen an solche Vorerfahrungen und Alltagsvorstellungen der Lernenden an, nehmen diese ernst und ermöglichen eine Betrachtung derselben (Dittmer, 2013). Es wird angenommen, dass eine solche

Reflexion von intuitiven Schüler*innenvorstellungen das fachliche Lernen vertieft und als sinnvoller erscheinen lässt (Knight & Collins, 2010; Michalik, 2013a), was Ergebnisse aus Studien im Fach Biologie untermauern, die jedoch nicht auf dem Unterrichtsansatz des Philosophierens mit Kindern beruhen (Born, 2007; Monetha, 2009; Oschatz, Mielke & Gebhard, 2011).

Neben der Berücksichtigung von Alltagsvorstellungen erweist sich auch das kooperative Lernen – insbesondere die kollaborative Argumentation – als förderlich für die Initiierung von Konzeptwechseln und -erweiterungen (Egbers & Marohn, 2014; Gropengießer & Marohn, 2018; Lin, 2016). Zahlreiche Untersuchungen aus dem Feld der Gesprächsforschung belegen, dass ko-konstruktive Unterrichtsgespräche lernwirksam sind (Asterhan & Schwarz, 2007; Aufschnaiter, Erduran, Osborne & Simon, 2008; Felton, Garcia-Mila, Villarreal & Gilbert, 2015; Mercer, Dawes, Wegerif & Sams, 2004; O'Connor, Michaels & Chapin, 2015). Philosophische Gespräche zeichnen sich durch ihr ko-konstruktives Wesen aus und könnten somit die Veränderung und Entwicklung von Vorstellungen in der Thematik der Evolution begünstigen.

6 FAZIT

Trotz oder vielleicht gerade wegen der aussergewöhnlichen Stellung der Evolutionstheorie wurde diese bisher in der Volksschule der Deutschschweiz nur vereinzelt unterrichtet. Im Zuge der Einführung des Lehrplans 21 wird der vernachlässigten Thematik in der Forschung, der Didaktik sowie der Praxis zweifelsohne mehr Aufmerksamkeit zukommen müssen.

Der bisherige Forschungsstand zeigt dabei deutlich die Stolpersteine auf, welchen Lehrpersonen bei der Vermittlung von adäquaten Konzepten und der Förderung der Akzeptanz begegnen. Die Religiosität stellt ein wichtiges Element in diesem Wirkungsgeflecht dar. Für die Unterrichtspraxis entscheidend ist jedoch das Verständnis von *nature of science*, dessen Bedeutung in zahlreichen Studien belegt werden konnte. Im Kontext der Evolution kann auch die Unterscheidung von religiösen und naturwissenschaftlichen Erkenntnisformen sowie die Sichtweise auf das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft als Aspekt von *nature of science* betrachtet werden. Ein solch differenziertes Verständnis ermöglicht religiösen Personen eine Akzeptanz der Evolution und fungiert somit als Moderatorvariable zwischen Religiosität und Akzeptanz. Philosophische Gespräche bieten die Möglichkeit, erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Fragen im gemeinsamen Austausch zu reflektieren und dadurch das Verständnis von *nature of science* zu fördern. Zugleich kann das Lernen durch den Einbezug der Erfahrungen und Vorstellungen der Schüler*innen vertieft werden. Dieser Prozess wird zusätzlich durch den ko-konstruktiven Charakter der philosophischen Gespräche unterstützt.

Die bereits dargelegten Zusammenhänge der Variablen *nature of science*, Religiosität, Verständnis und Akzeptanz können nun durch die beschriebene Wirkungslogik gemäss Abbildung 3 ergänzt werden.

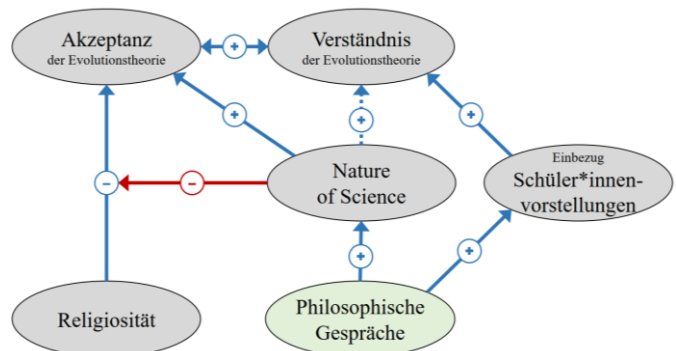


Abb. 3. Der Einfluss philosophischer Gespräche auf die Akzeptanz und das Verständnis der Evolution

Inwieweit die Annahmen des Wirkungsmodells der Realität in Schweizer Sekundarschulen entsprechen, muss in empirischen Untersuchungen geklärt werden und ist Gegenstand einer laufenden Interventionsstudie, in welcher drei philosophische Gespräche in eine Unterrichtseinheit zur Evolution integriert wurden. Die Pilotstudie eröffnete bereits vielversprechende Einblicke in die Reflexionsprozesse während dieser Gespräche. Eine Schülerin, welche sich schriftlich zu ihren Lernerfahrungen äussern konnte, fasste diese folgendermassen zusammen:

«Es ist bei unserer Diskussion rausgekommen, dass die Theorien immer noch mehr erweitert werden können, wenn derjenige genügend glaubwürdige Beweise hat. Es kann sein, dass die Theorien nicht immer 100% stimmen.»
(Schülerin, 14)

Die Klasse reflektierte in diesem philosophischen Gespräch den Status naturwissenschaftlichen Wissens. Die Erkenntnis, dass sich naturwissenschaftliche Theorien im Wandel befinden und somit modifizier- und erweiterbar sind, stellt dabei ein wichtiger Aspekt von *nature of science* dar (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003). Ein weiterer Schüler formulierte seinen Erkenntnisgewinn nach einem philosophischen Gespräch so:

«Man kann an Gott glauben, auch wenn man Wissenschaftler ist. Das heisst, das eine schliesst das andere nicht aus. Dennoch, wegen der Evolution ist die Wissenschaft logischer. Die Religion erklärt dafür eher ethische Fragen.»
(Schüler, 14)

Die Schüler*innen dieser Klasse diskutierten im Gespräch das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft. Die Auffassung, dass Religion und Naturwissenschaft sich nicht widersprechen müssen, widerspiegelt ein adäquates Verständnis von *nature of science*, da ein Bewusstsein für die Unterschiedlichkeit

der beiden Perspektiven erkennbar wird. Eine Sichtweise, welche von einer Kompatibilität der beiden Bereiche ausgeht, ermöglicht religiösen Schüler*innen eine Akzeptanz der Evolution.

Die theoretischen Überlegungen, der bisherige Forschungsstand sowie die ersten Erfahrungen der Interventionsstudie stimmen optimistisch, dass die Integration von philosophischen Gesprächen in den naturwissenschaftlichen Evolutionsunterricht positive, fachbezogene Wirkungen evoziert. Unabhängig dieses spezifisch fachlichen Beitrages sprechen zahlreiche bildungstheoretische Argumente, welche in diesem Artikel unerwähnt blieben, für ein regelmässiges Philosophieren mit Kindern und Jugendlichen in der Schule (Michalik, 2008, 2013b).

LITERATURVERZEICHNIS

- Akyol, G., Tekkaya, C., Sungur, S. & Traynor, A. (2012). Modeling the Interrelationships Among Pre-service Science Teachers' Understanding and Acceptance of Evolution, Their Views on Nature of Science and Self-Efficacy Beliefs Regarding Teaching Evolution. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), 937–957. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9296-x>
- Asterhan, C. S. C. & Schwarz, B. B. (2007). The effects of monological and dialogical argumentation on concept learning in evolutionary theory. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 626–639. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.3.626>
- Aufschnaiter, C. von, Erduran, S., Osborne, J. & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue. Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101–131. <https://doi.org/10.1002/tea.20213>
- Barbour, I. G. (1990). *Religion in an age of science* (The Gifford lectures, v. 1, 1989–1991 i.e. 1990, 1st ed.). San Francisco: Harper & Row.
- Barnes, M. E., Elser, J. & Brownell, S. E. (2017). Impact of a Short Evolution Module on Students' Perceived Conflict between Religion and Evolution. *The American Biology Teacher*, 79(2), 104–111. <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.2.104>
- Barone, L. M., Petto, A. J. & Campbell, B. C. (2014). Predictors of evolution acceptance in a museum population. *Evolution: Education and Outreach*, 7(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12052-014-0023-2>
- Bayrhuber, H. (2011). Evolution und Schöpfung - eine Übersicht. In H. Bayrhuber (Hrsg.), *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung* (1. Aufl., S. 12–19). Seelze: Klett/-Kallmeyer.
- Beniermann, A. (2019). *Evolution – von Akzeptanz und Zweifeln*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-24105-6>
- Betti, L., Shaw, P. & Behrends, V. (2020). Acceptance of Biological Evolution by First-Year Life Sciences University Students. *Science & Education*, 16(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00110-0>
- Billingsley, B., Taber, K., Riga, F. & Newdick, H. (2013). Secondary School Students' Epistemic Insight into the Relationships Between Science and Religion - A Preliminary Enquiry. *Research in Science Education*, 43(4), 1715–1732. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9317-y>
- Blesenkemper, K. (2016). Das sokratische Gespräch. In B. Brüning (Hrsg.), *Ethik/Philosophie Didaktik* (S. 71–84). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH.
- Born, B. (2007). *Lernen mit Alltagsphantasien. Zur expliziten Reflexion impliziter Vorstellungen im Biologieunterricht* (Studien zur Bildungsgangforschung, Bd. 10, 1. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Carter, B. E. & Wiles, J. R. (2014). Scientific consensus and social controversy: exploring relationships between students' conceptions of the nature of science, biological evolution, and global climate change. *Evolution: Education and Outreach*, 7(1), 648. <https://doi.org/10.1186/s12052-014-0006-3>
- Cavallo, A. M. L. & McCall, D. (2008). Seeing May Not Mean Believing: Examining Students' Understandings & Beliefs in Evolution. *The American Biology Teacher*, 70(9), 522–530. <https://doi.org/10.1662/0002-7685-70.9.522>
- Cofré, H. L., Santibáñez, D. P., Jiménez, J. P., Spotorno, A., Carmona, F., Navarrete, K. et al. (2018). The effect of teaching the nature of science on students' acceptance and understanding of evolution: myth or reality? *Journal of Biological Education*, 52(3), 248–261. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1326968>
- De Boer, H. (2015). Philosophieren als Unterrichtsprinzip – philosophische Gespräche mit Kindern. In H. de Boer & M. Bonanati (Hrsg.), *Gespräche über Lernen - Lernen im Gespräch* (S. 233–249). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-09696-0_13
- Deniz, H., Donnelly, L. A. & Yilmaz, I. (2008). Exploring the factors related to acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: Toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 420–443. <https://doi.org/10.1002/tea.20223>
- Deutscheschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz. (2016). *Lehrplan 21. Gesamtausgabe*. Verfügbar unter <http://vef.lehrplan.ch/downloads.php>

- Dittmer, A. (2013). Das philosophische Gespräch im naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 33]* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 33, S. 365–367). Kiel: IPN.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129. Zugriff am 25.07.2019. Verfügbar unter <https://biologie-lernprogramme.de/daten/programme/js/homologer/date n/lit/Dobzhansky.pdf>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Bristol: Open University Press.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Dunk, R. D. P., Barnes, M. E., Reiss, M. J., Alters, B., Asghar, A., Carter, B. E. et al. (2019). Evolution education is a complex landscape. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3), 327–329. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0802-9>
- Dunk, R. D. P., Petto, A. J., Wiles, J. R. & Campbell, B. C. (2017). A multifactorial analysis of acceptance of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 10(1), ar18. <https://doi.org/10.1186/s12052-017-0068-0>
- Dunk, R. D. P. & Wiles, J. R. (2018). Changes in Acceptance of Evolution and Associated Factors during a Year of Introductory Biology: The Shifting Impacts of Biology Knowledge, Politics, Religion, Demographics, and Understandings of the Nature of Science. *bioRxiv*, 2 80479. <https://doi.org/10.1101/280479>
- Eder, E., Turic, K., Milasowszky, N., van Adzin, K. & Hergovich, A. (2011). The Relationships Between Paranormal Belief, Creationism, Intelligent Design and Evolution at Secondary Schools in Vienna (Austria). *Science & Education*, 20(5-6), 517–534. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9327-y>
- Egbers, M. & Marohn, A. (2014). Schüler- vorstellungen verändern. Konzeptentwicklung und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichts- konzeption "choice2learn". In *Fachdidaktische For- schungsfragen. Band 6*. Waxmann Verlag GmbH. Zugriff am 120-127.
- Elsdon-Baker, F. (2015). Creating creationists: The influence of 'issues framing' on our understanding of public perceptions of clash narratives between evolutionary science and belief. *Public Understanding of Science*, 24(4), 422–439. <https://doi.org/10.1177/0963662514563015>
- Farber, P. (2003). Teaching Evolution & the Nature of Science. *The American Biology Teacher*, 65(5), 347–354.
- Felton, M., Garcia-Mila, M., Villarroel, C. & Gilabert, S. (2015). Arguing collaboratively. Argumentative discourse types and their potential for knowledge building. *British Journal of Educational Psychology*, 85(3), 372–386. <https://doi.org/10.1111/bjep.12078>
- Fenner, A. (2013). *Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion*. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9>
- Gervais, W. M. (2015). Override the controversy: Analytic thinking predicts endorsement of evolution. *Cognition*, 142, 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.05.011>
- Graf, D. & Hamdorf, E. (2012). Evolution Verbreitete Fehlvorstellungen zu einem zentralen Thema. In D. C. Dreesmann, D. Graf & K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie* (S. 25–41). Heidelberg Spektrum Akademischer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2786-1_1
- Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–68). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2011). Einstellungen zur Evolutionstheorie. In H. Bayrhuber (Hrsg.), *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung* (1. Aufl., S. 130–143). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Haynes, J. (2008). *Children as philosophers. Learning through enquiry and dialogue in the primary classroom*. London: Routledge/Falmer.
- Heering, P. & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 105–120). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hofheinz, V. (2010). Das Wesen der Naturwissenschaften. Was die Naturwissenschaften ausmacht. *Unterricht Chemie*, 21(118/119), 8–13.

Johannsen, M. & Krüger, D. (2005a). Schülervorstellungen zur Evolution - eine quantitative Studie. *IDB Münster*, (14), 23–48.
https://doi.org/10.5771/9783845258638_20

Johannsen, M. & Krüger, D. (2005b). Schülervorstellungen zur Evolution. eine quantitative Studie. In M. Albers (Hrsg.), *Informationelle Selbstbestimmung* (S. 20–27). Nomos.
https://doi.org/10.5771/9783845258638_20

Johnson, R. R. & Peeples, E. E. (1987). The Role of Scientific Understanding in College: Student Acceptance of Evolution. *The American Biology Teacher*, 49(2), 93–98.

Kattmann, U. (2017a). Die Bedeutung der Alltagsvorstellungen für den Biologieunterricht. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion und Unterrichtseinheiten* (1. Auflage, S. 6–13). Seelze: Klett / Kallmeyer.

Kattmann, U. (2017b). Evolution im Kontext der Schöpfung unterrichten. Klassenstufe 10-12. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion und Unterrichtseinheiten* (1. Auflage, S. 201–214). Seelze: Klett / Kallmeyer.

Knight, S. & Collins, C. (2010). Enlivening the curriculum. The power of philosophical inquiry. *School Field*, 8(3), 305–318.
<https://doi.org/10.1177/1477878510381630>

Konnemann, C., Asshoff, R. & Hammann, M. (2012). Einstellungen zur Evolutionstheorie. Theoretische und messtheoretische Klärungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 75–79.

Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Dissertation. Technische Universität Dortmund, Dortmund.

Lawson, A. E. & Weser, J. (1990). The rejection of nonscientific beliefs about life: Effects of instruction and reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6), 589–606.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660270608>

Lin, J.-W. (2016). Examining the Factors That Influence Students' Science Learning Processes and Their Learning Outcomes: 30 Years of Conceptual Change Research. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(10).
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.000600a>

Lipman, M. (1988). *Philosophy goes to school*. Philadelphia Pa.: Temple Univ. Press.

Lipman, M. (2009). Philosophy for Children: Some Assumptions and Implications. In E. Marsal (Ed.), *Children philosophize worldwide. Theoretical and practical concepts* (Hodos - Wege bildungsbezogener Ethikforschung in Philosophie und Theologie, Bd. 9, pp. 23–46). Frankfurt, M.: Lang.

Marniok, K. & Reiners, C. S. (2016). Die Repräsentation der Natur der Naturwissenschaften in Schulbüchern. *CHEMKON*, 23(2), 65–70.
<https://doi.org/10.1002/ckon.201610265>

McComas, W., Almazroa, H. & Clough, M. P. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science & Education*, 7(6), 511–532.
<https://doi.org/10.1023/A:1008642510402>

McComas, W., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (Science & Technology Education Library, vol. 5, pp. 3–39). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. & Olson, J. K. (1998). The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (Science & Technology Education Library, vol. 5, pp. 41–52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Mead, L. S. & Branch, G. (2011). Overcoming Obstacles to Evolution Education: Why Bother Teaching Evolution in High School? *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 114–116.
<https://doi.org/10.1007/s12052-011-0316-7>

Mead, R., Hejmadi, M. & Hurst, L. D. (2018). Scientific aptitude better explains poor responses to teaching of evolution than psychological conflicts. *Nature Ecology & Evolution*, 2(2), 388–394.
<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0442-x>

Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R. & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist. Ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), 359–377.
<https://doi.org/10.1080/01411920410001689689>

Michalik, K. (2008). Die Welt ist fragwürdig. Philosophieren mit Kindern im Sachunterricht. *Grundschule* 40, (12), 27–28.

Michalik, K. (2009). Philosophieren mit Kindern als Unterrichtsprinzip und die Förderung von Wissenschaftsverständnis im Sachunterricht. In K. Michalik (Hrsg.), *Philosophie als Bestandteil wissenschaftlicher Grundbildung? Möglichkeiten der Förderung des Wissenschaftsverständnisses in der Grundschule durch das Philosophieren mit Kindern*

(Grundschulpädagogik interdisziplinär, Bd. 2, S. 27–42). Berlin u.a.: Lit-Verl.

Michalik, K. (2013a). Philosophieren im Sachunterricht. Entwicklung, Bilanz und Perspektiven. In H.-J. Fischer, H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Der Sachunterricht und seine Didaktik. Bestände prüfen und Perspektiven entwickeln* (Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 23, S. 63–70). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Michalik, K. (2013b). Philosophieren mit Kindern als Unterrichtsprinzip. Bildungstheoretische Begründungen und empirische Fundierungen. *Pädagogische Rundschau*, 67, 635–649.

Miller, J. D., Scott, E. C. & Okamoto, S. (2006). Science communication. Public acceptance of evolution. *Science (New York, N.Y.)*, 313(5788), 765–766. <https://doi.org/10.1126/science.1126746>

Monetha, S. (2009). *Alltagsphantasien, Motivation und Lernleistung. Zum Einfluss der expliziten Berücksichtigung von Alltagsphantasien im Biologieunterricht auf motivationale Faktoren und Lernleistung* (Studien zur Bildungsgangforschung, Bd. 26). Opladen u.a.: Budrich.

Nadelson, L. S. & Sinatra, G. M. (2010). Shifting Acceptance of Evolution: Promising Evidence of the Influence of the Understanding Evolution Website. *The Researcher*, 23(1), 13–29. Zugriff am 05.09.2018. Verfügbar unter <http://www.nrmera.org/wp-content/uploads/2016/02/Researcherv23.1Nadelson.pdf>

Nadelson, L. S. & Southerland, S. (2012). A More Fine-Grained Measure of Students' Acceptance of Evolution: Development of the Inventory of Student Evolution Acceptance—I-SEA. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1637–1666. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.702235>

O'Connor, C., Michaels, S. & Chapin, S. (2015). "Scaling Down" to Explore the Role of Talk in Learning. Form District Intervention to Controlled Classroom Study. In L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan & S. N. Clarke (Hrsg.), *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue* (S. 111–126).

Ohly, K. P. (2012). Evolutionstheorie und Schöpfungslehre im Biologieunterricht. In D. C. Dreesmann, D. Graf & K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie* (S. 485–502). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in*

Science Teaching, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>

Oschatz, K., Mielke, R. & Gebhard, U. (2011). Fachliches Lernen mit subjektiv bedeutsamem implizitem Wissen? Lohnt sich der Aufwand? In E. H. Witte & L.-M. Alisch (Hrsg.), *Sozialpsychologie, Sozialisation und Schule. Beiträge des 26. Hamburger Symposiums zur Methodologie der Sozialpsychologie* (246–254). Lengerich: Pabst Science Publ.

Pobiner, B. (2016). Accepting, understanding, teaching, and learning (human) evolution: Obstacles and opportunities. *American Journal of Physical Anthropology*, 159(Suppl 61), S232–74. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22910>

Rutledge, M. L. & Warden, M. A. (1999). The Development and Validation of the Measure of Acceptance of the Theory of Evolution Instrument. *School Science and Mathematics*, 99(1), 13–18. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17441.x>

Rutledge, M. L. & Warden, M. A. (2000). Evolutionary Theory, the Nature of Science & High School Biology Teachers: Critical Relationships. *The American Biology Teacher*, 62(1), 23–31. [https://doi.org/10.1662/00027685\(2000\)062\[0023:ETT NOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/00027685(2000)062[0023:ETT NOS]2.0.CO;2)

Schwarmann, L. C., Smith, M. U., James, M. C. & Jensen, M. (2005). Explicit Reflective Nature of Science Instruction: Evolution, Intelligent Design, and Umbrellaology. *Journal of Science Teacher Education*, 16(1), 27–41. Zugriff am 07.09.2018. Verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/pdf/43156353.pdf?refreqid=excelsior%3A3c6d5932b90edc8498a0facaf3fead27>

Shtulman, A. & McCallum, K. (2014). Cognitive Reflection Predicts Science Understanding. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 36.

Sinatra, G. M., Pintrich, P. R. & Smith, L. (2004). Intentionality in Conceptual Change and Constructivism. *The American Journal of Psychology*, 117(2), 283. <https://doi.org/10.2307/4149028>

Sinatra, G. M., Southerland, S. A., McConaughy, F. & Demastes, J. W. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 510–528. <https://doi.org/10.1002/tea.10087>

Smith, M. U., Snyder, S. W. & Devereaux, R. S. (2016). The GAENE-Generalized Acceptance of Evolution Evaluation: Development of a new measure of evolution acceptance. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1289–1315. <https://doi.org/10.1002/tea.21328>

Trani, R. (2004). I Won't Teach Evolution; It's against My Religion. And Now for the Rest of the Story... *The American Biology Teacher*, 66(6), 419–427. Zugriff am 26.04.2019. Verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/pdf/4451708.pdf?refreqid=excelsior%3Aca232223df92e60b0c631d2a25066207>

Weitzel, H. & Gropengiesser, H. (2009). Vorstellungsentwicklung zur stammesgeschichtlichen Anpassung. Wie man Lernhindernisse verstehen und förderliche Lernangebote machen kann. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 287–305.

Wilhelm, M. (2007). Evolution - seit 150 Jahren (k)ein Thema im Naturwissenschaftsunterricht. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern*, Band 38, 178–189.

Williams, J. D. (2015). Evolution Versus Creationism: A matter of acceptance versus belief. *Journal of Biological Education*, 49(3), 322–333. <https://doi.org/10.1080/00219266.2014.943790>

Winslow, M. W., Staver, J. R. & Scharmann, L. C. (2011). Evolution and personal religious belief: Christian university biology-related majors' search for reconciliation. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(9), 1026–1049. <https://doi.org/10.1002/tea.20417>

Yasri, P. & Mancy, R. (2014). Understanding Student Approaches to Learning Evolution in the Context of their Perceptions of the Relationship between Science and Religion. *International Journal of Science Education*, 36(1), 24–45. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.715315>

Yasri, P. & Mancy, R. (2016). Student positions on the relationship between evolution and creation: What kinds of changes occur and for what reasons? *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 384–399. <https://doi.org/10.1002/tea.21302>

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

JUMPING TO SCIENCE RATHER THAN POPULARIZING: A REVERSE APPROACH TO UPDATE IN-SERVICE TEACHER SCIENTIFIC KNOWLEDGE

François Lombard¹, Daniel Schneider², Laura Weiss³

¹TECFA, IUFE, University of Geneva, Switzerland, 0000-0002-8933-0385

²TECFA, University of Geneva, Switzerland, 0000-0002-8088-885X

³IUFE, University of Geneva, Switzerland, 0000-0002-8367-1891

*Please address all correspondence to François Lombard, francois.lombard@unige.ch

STRUCTURED ABSTRACT

The need for keeping science teachers up-to-date is stronger than ever, but science curricula and teaching is often still focused on outdated approaches and knowledge. We will discuss some of the strong forces that shape the transformations of knowledge from research to curriculum and to classroom - Chevallard (1991)'s Didactical Transposition (DT) - and propose a different approach specifically for teacher professional development. Our research question is: can a different approach reduce detrimental effects of these processes on teacher development and their educational practice? We will bring arguments for an inverted approach that could improve or circumvent DT. We then present the Jump-To-Science (JTS) project developed since 2006, and discuss some results on the basis of on-line questionnaires administered in 2013 (39 responses) and 2019 (47) addressing teachers' use and perception of JTS. The readership of JTS has regularly grown over the years, suggesting relevance. Respondents mentioned JTS's importance for their teaching and their awareness of changes in biology. The use of primary articles increased 2013-2019. Teachers' engagement in the use of primary literature for themselves and for their students is worth noting and promising (effectively using the opportunity to jump to science). Taken together, the results suggest that JTS succeeds in empowering an important fraction of the biology teachers to read authentic scientific research, circumventing the knowledge transformation effects of DT. This might support a progressive move towards more up-to-date and active learning strategies by confronting learners with more authentic sources.

Background: Chevallard's Didactical Transposition (DT) research shows that scientific knowledge as it percolates from research into classrooms is transformed before it can be used by teachers. It loses the context in which it was elaborated and a large part of its uncertainty, and becomes definitive and generalized in order to be taught. The knowledge teachers effectively use has inspirational thrust, is craft legitimated and locally adapted, proximal and available (Huberman, 1983), in stark contrast to classical academic literature.

Purpose: This contribution discusses a new approach to address the difficult question of keeping in-service secondary school teachers up-to-date with the continuous progress of biology research. Our research question is: can a different approach reduce most of the detrimental effects of the growing distance between taught biology and research biology on teachers' development and their educational practice?

Setting: First we will bring arguments for an inverted approach that could improve or circumvent DT. We then propose a sample project in a local setting (Geneva, Switzerland) that implements this approach developed over 15 years, and discuss some results. Understanding these knowledge transformations as inevitable transposition steps rather than bad popularization enables a new approach: rather than attempting to popularize differently *down* to teachers, the Jump-To-Science (JTS) project proposes helping teachers *up* to scientific knowledge directly in its most authentic available form: in scientific journals. It also takes into account the characteristics of knowledge that research identifies as effectively used by teachers: it carefully shares teachers' values, and gives tokens of teaching experience, and highlights the practical usability in classrooms.

Methods: A 2019 survey study evaluates the perceived use and usefulness of the JTS publication using descriptive or exploratory statistics. We received 47 responses from a total subscriber population of 443. We present some frequencies for all respondents and compare these to results from an earlier 2013 survey (N=39). We then focus on the secondary teacher subpopulation in the 2019 sample (N=27). Correlations were computed with Spearman's rho. We conducted a principal component analysis on seven questions with 4-point response items and identified three dimensions of use and usefulness explaining 72.4% of the variance. A K-means procedure that is appropriate for ordinal data was used to create a typology of these teachers and we identified an interesting three groups solution.



Results: JTS has been published since 2006 and readership regularly increased (currently 443), an indicator of perceived relevance. 83% of respondents to the 2019 survey (N=47) consider that JTS is important for their teaching and their awareness of changes in biology, up from 60% in an earlier 2013 survey (N=39). 73% believe JTS has changed the approach of some chapters in their teaching, compared to 60% in the 2013 survey. Use of original materials reaches 86% in 2019. Cluster analysis of the 27 secondary teacher sub-population who responded reveals different types in the use of JTS. Some moderately or strongly engage JTS in the use of external resources for themselves and for students, effectively using the opportunity to *jump to* science, while others engage JTS for teaching improvement but rarely read original articles, using JTS as a form of teacher-adapted popularization. The most interesting correlation in this subset (N=27) is that teachers who follow up primary literature discussed in JTS articles for themselves also offer some of these to students.

Conclusions: Our exploratory analysis suggests that there are different types of engagement in primary literature: it is either read and distributed as resources for student learning, read for teachers' own use, or ignored (teachers rely on JTS's summaries and comments).

Taken together our results suggest that JTS succeeds in empowering an important fraction of the local biology teachers to read authentic research results, which can be interpreted as circumventing the knowledge transformation effects of TD. This could give rise to a slow evolution from a classical transmissive style (teacher informs, summarizes, transposes and diffuses knowledge) towards more up-to-date and active learning strategies by confronting learners with more authentic sources.

Keywords: *Teacher training; science education, didactical transposition*

Received: May 2020. **Accepted:** August 2020

1 INTRODUCTION

This contribution discusses a new approach to address the difficult question of keeping in-service secondary science school teachers up-to-date with the continuous progress of biology research and teaching. The need for keeping science teachers up-to-date is stronger than ever since science curricula and teaching often focus on outdated approaches and knowledge. At the same time, the world students have to face is becoming more complex and with social media development, the limits between truth, fiction and deliberate misinformation are ever more difficult to discern. We will discuss some of the strong forces that shape the transformations of knowledge from research to the curriculum and to classrooms, and propose a different approach specifically for teacher continued training or professional development. First, we will bring arguments for an inverted approach that could improve or circumvent Chevallard's Didactical Transposition (DT) (Chevallard, 1991). We then propose a sample project (Jump-To-Science (JTS)) that implements this approach, developed over 15 years, and we will discuss some results.

2 RESEARCH BACKGROUND

Didactical Transposition (DT) theory (Chevallard, 1991) holds that knowledge, as it percolates from research into classrooms is transformed before it can be used by teachers, losing the context in which it was elaborated. A large part of the bounded uncertainty that is characteristic of scientific knowledge becomes definitive and generalized in order to be taught. Popularization has similar effects and both contribute to disconnect science teachers from current science research. Which in turn leads to students being ill-prepared to understand the issues that bioscience

progress raises in society. Chevallard (1991) calls "monuments" traditionally taught knowledge that was once alive but that does no longer have explanatory power or relevance to the student's world, but that curricula, teachers and social recognition require students to know. A typical example is the taste map on the tongue, where connection with the original research by Hänig (1901) (figure 1) showing subtle differences in sensitivity densities has been transposed in textbooks into various taste maps that have clear definite borders, losing the methods by which this data has been produced and the uncertainty of the original research. Relatively recent research shows that "contrary to popular belief, there is no tongue 'map'" (Chandrashekar, Hoon, Ryba, & Zuker, 2006, p. 288).

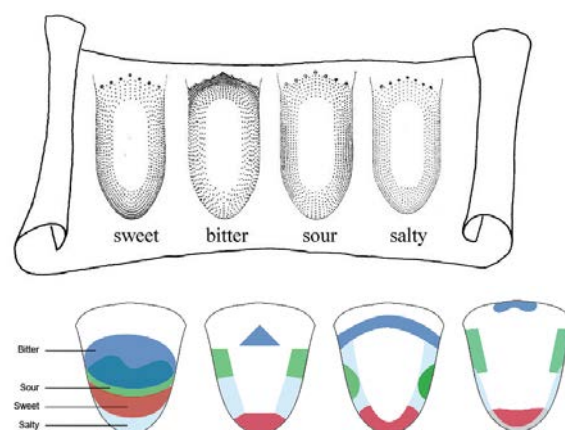


Fig. 1. Top) The original research: taste map according to Hänig (1901). Bottom) Typical examples of taste maps in various textbooks.

Our research question is therefore: can a different teacher development approach reduce most of these detrimental effects on teacher development and—their educational practice? Our answer is to invert the approach in order to circumvent DT. Disciplinary biology knowledge taught in schools is very rapidly expanding. Much knowledge students receive during secondary school was not known or not taught when senior teachers currently in post got their degree. These teachers had to learn and transpose for their students great expanses of bio scientific progress, such as genetics, PCR, sequencing, genetic engineering, neuron physiology, mitochondria, cell membrane structure, cancer mechanisms, clonal selection and most of immunology, allergy, neuroscience and neuroimaging, FMRI, etc. For example, in the 80s, recently trained teachers taught students that the human genome was made of millions of genes, the single sequence that could be presented was part of the protein insulin (30+21 amino-acids). During their career, they had to update to research progress that made the headlines: in 2001, a single full human genome was published, offering 3 billion bases, freely accessible – even in schools with a simple internet connection. The current gene count is around 20,500, and thousands of human genomes are available for comparison.

In 1995, the Swiss people voted to accept genetic engineering, and went on to develop in a few years a strong anti-GMO feeling, which in both cases highlights the need for a good understanding of the science involved and the pressure on teachers to keep up-to-date. But science goes on: genetic progress reveals susceptibility to ever more illness (Lappalainen et al., 2013), finds criminals by their relatives in genealogy databases (Erich, Shor, Pe'er & Carmi, 2018), identifies how genes impact the cultural influence on educational outcomes (Kong et al., 2018). Recent neuroscience research produces neuroimaging evidence (including FMRI) about various human brain processes, such as extracting and viewing on a computer the face subjects view (Chang & Tsao, 2017), identifying natural images (Kay, Naselaris, Prenger, & Gallant, 2008), or nouns (Mitchell et al., 2008), predicting decision-making (Haggard, 2008), potentially controlling revenge (Klimecki, Sander, & Vuilleumier, 2018), and learning to control pain (deCharms et al., 2005). Many of these have received much attention in the media, and often raise controversies in the general public, that challenge school biology. How can teachers trained 35 years ago be updated with this knowledge when faced with students' questions...?

While the need for in-service training should be easily perceived by teachers, authorities often report difficulties in reconciling the perceived needs of school management, unions, teachers, and pre-service training organizations. Research shows that many innovative, well-thought professional development projects have had difficulties in producing lasting changes in the classroom (e.g. Osborne, Simon, Christodoulou, Howell-Richardson, & Richardson, 2013). While excellent popularized science is available in the form of news in high profile scientific journals such as *Science*, *Nature*, or in magazines such as *Scientific American* or *La*

Recherche, scientists often complain that the knowledge offered to young students is often outdated or poor, and PISA results across Europe (OECD, 2014) show there is room for improvement in the scientific knowledge students effectively have acquired in schools and can refer to when deciding.

Research about the popularization processes (Lombard & Weiss, 2018) can explain why sensationalist definitive conclusions are presented (e.g. “the gene for xxx has been found”) without the balanced discussion of limits and perspectives which is characteristic of scientific knowledge. Similarly, DT process (Chevallard, 1991) depletes school knowledge of important scientific aspects. Knowledge goes through many selection and change steps from research to classrooms (publication, educational authorities, curricula, schoolbooks, etc.). At each transition some aspects wane, or disappear, and others develop, leading to knowledge in schools being predictably transformed before entering the classroom and becoming “true” (figure 2). In fact, DT shows that, beyond simplification, different forms of knowledge develop in different cognitive ecosystems. For example, social context is often lost from research to publication, the degree of uncertainty and controversies tend to disappear when authorities define curricula, methods necessary to understand the potential and limits of research findings are rarely treated in class (Kampourakis, Reydon, Patrinos, & Strasser, 2014).

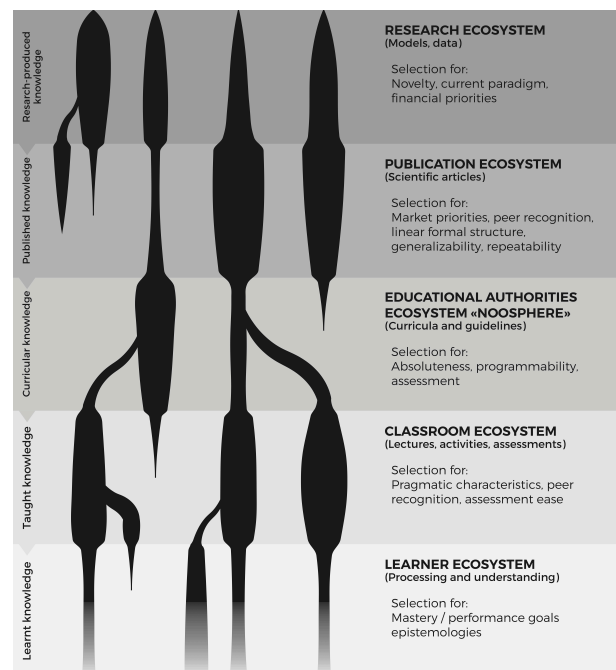


Fig. 2. Knowledge goes through many selection and change steps from research to classrooms; some aspects wane, or disappear (vertical stripe narrows), others develop (strip widens) leading knowledge in schools to being predictably transformed (Lombard & Weiss, 2018). Figure by V.Widmer

Understanding these changes as inevitable transposition steps rather than bad popularization enables a new approach: rather than attempting to popularize differently *down* to teachers, we propose helping teachers *up* to read scientific papers and access scientific

knowledge directly in its most authentic available form: in scientific journals such as *Nature*, *Science*, *Cell*, etc. After all, in Geneva, all secondary science teachers have a Master degree¹ and also exposing high school students to primary literature has been successfully proposed (e.g. Hoskins, Stevens, & Nehm, 2007). Huberman (1983)'s analysis of knowledge really used by teachers in schools shows it has to be felt as having inspirational thrust, being craft legitimated and locally adapted, proximal and available. This is in stark contrast to classical academic style, which in part explains why teachers often lose contact with the scientific literature they were attuned to during their studies.

In order to help senior and young teachers to keep in contact with original scientific literature and research in their field, the Jump-To-Science (JTS) project was created in 2007 under the name Bio-Tremplins. JTS is an electronic publication sent (email) to 443 subscribers once or twice monthly, and archived on a platform at Geneva University. It highlights a selection of recent research relevant for schools (biology, medicine, and other sciences) from *Science*, *Nature*, *Cell*, *PNAS*,... with comments about the possible implications for science teaching.

JTS does not try to popularize better than what professional science writers produce, rather, it is an appetizer and a springboard (hence the moniker "Jump-To-Science") towards authentic scientific articles. JTS takes an inverted approach to updating teacher's scientific knowledge by i) selecting in primary literature research that is relevant for teaching biology, ii) showcasing in what the research is new and changes classically taught knowledge, iii) highlighting the educational implications, iv) encouraging teachers to refer to the original article, v) and facilitating access to the original articles. The editorial style adopts a high level of scientific communication - adapted for teachers who have an MA in science. At the same time, it takes into account the characteristics of knowledge that Huberman (1983) identified as efficient in knowledge use by teachers: it carefully shares teachers' values (such as inspirational thrust), and gives tokens of teaching experience (instrumentality, craft legitimation, local adaptiveness, availability, ...), and highlights the practical usability in classrooms. The distribution by email reduces the perceived distance (proximity).

3 METHODS AND DATA

JTS subscribers include 174 (87%) of the approximately 200 local secondary school biology teachers. In 2019, an online questionnaire addressing teachers' use and perception of Jump-To-Science (JTS) was sent to all subscribers, N=64 responded, and N=47 were fully completed. 14 (29.8%) were higher secondary teachers from Geneva, 6 (12.8%) lower secondary teachers from Geneva, 7 (14.9%) secondary teachers from other places, 13 (27.7%) other teachers (university

or teacher trainers) and 7 (14.9%) not teaching or other (e.g. researchers and trainees). A subset of 27 secondary teachers were used for most analysis. Of these, 60% were male and 30% female, 10% declined to answer. Median age group is 48 and shows interest from many senior teachers. Some simple descriptive results were also compared to an earlier online questionnaire administered to all subscribers in 2013 (N=39). Questions were self-developed, primarily to understand how the JTS publication is used and perceived. Seven 4-point scale questions targeted specifically the perception of the usefulness and the use of JTS (tables 1 and 2 for a summarized translation of these).

This self-selected sample (N=47) is not representative of the subscriber population allows identifying interesting patterns in the data that could be further investigated in a confirmatory study. Therefore, the data was mostly used for descriptive or exploratory statistics. For the secondary school teachers' sub-population (N=27), we conducted a principal component analysis with seven items (table 1) in order to detect underlying components and found a satisfactory varimax rotated 3-factor solution with eigenvalues > 1, explaining a total of 72.4% of the variance (factor 1 32.3%, factor 2 23.8% and factor 3 16.3%). We computed two scales: (i) *Importance of JTS for teaching* is the mean of "JTS's importance for teaching", "JTS's impact on teaching", "integration of JTS material in classes" (Cronbach's alpha = .77) and (ii) *Using JTS for deep knowledge* which is the mean of "reading original articles" and "diffusing original articles" (Cronbach's alpha = .74).

We also created a typology for the same teachers' population with respect to their perception of use and usefulness of the Jump-to-Science platform (table 2). Individuals were clustered with a K-means procedure, appropriate for ordinal data. These variables discriminate groups well (F values in the Anova table are < 0.05), but distances between final cluster centers are not very strong, i.e., 2.1 between clusters 1 and 2, 2.85 between clusters 1 and 3, and 2.1 between clusters 2 and 3.

4 RESULTS

Each publication of Jump-to-Science (JTS) highlights a research advance relevant to secondary teaching, showcases selected research articles, then offers access to them for the members. By putting into perspective its implications for education and providing a taste of the content, it encourages readers to jump to the original article. This regular encounter with research aims to infuse the complex and nuanced characteristics that define science knowledge, bypassing some DT steps and leaves to teachers the opportunity and the responsibility of transposing it into their classrooms. Having the university via its JTS encouraging teachers to read primary literature is also intended to boost their professional self-image as scientists.

¹ In Geneva, secondary I and II teachers follow the same training curriculum and are required to have a MA in the subject they teach.

JTS has been published since 2006 and the number of its readers has continually grown even with teachers leaving professional life, which is a first indicator of perceived relevance. 91.5% of the respondents in the 2019 survey (Valid N=47) read JTS either sometimes or always (57.4%). 73% believe that JTS has changed the approach of some chapters in their teaching; up from 60% in 2013. 86% consider that they have included information from JTS into their teaching. 82% declare having (always or sometimes) read the original scientific articles mentioned in JTS. 78% (up from 68% in 2013) answer they have (sometimes or rarely) distributed original articles mentioned in JTS - or at least extracts - to students. 92% of respondents totally or somewhat agree that the tone of the communication addressed to the experts gives them the feeling of being “recognized as a scientist in my discipline.” In sum, respondents to the survey mention JTS’s importance for their teaching and awareness of changes in biology. They believe that the use of original literature is important. All numbers did increase from 2013 to 2019.

Let us now look more closely at the secondary biology teacher population of the 2019 survey (N=27). Few teachers (3, 11.1%) never read original articles, 8 (29.6%) rarely do so and 15 (55.6%) sometimes do so (1 no response). 6 (22.2%) teachers never redistribute articles, 12 (44.4%) rarely do so and 6 (22.2%) do it sometimes (3 are missing). 6 teachers (22.2%) state that JTS had little influence on their teaching and only one teacher declares “no influence. 8 teachers (29.6%) mostly and 9 (33.3%) fully agree that JTS did have them change certain “chapters” of their teaching. This means that some teachers use the opportunity to “jump to” science while more teachers just use JTS as a resource to improve their teaching, i.e. they never or rarely read original articles but use JTS as a form of teacher and learner adapted popularization. A minority use the resources offered but consider the impact of JTS on their teaching moderate.

An interesting correlation (Spearman’s rho = 0.6, $p < 0.01$) shows that teachers that engage JTS in the use of primary literature for themselves tend to give original articles to students (“Jump-to” effect). A more obvious positive relation is between integration of JTS materials in class and the perception that JTS made them change some of their teaching (rho = 0.51, $p < 0.01$). There is no significant relation between the importance of JTS for teaching scale and using JTS for deep knowledge scale.

In the same logic, a principal component analysis explaining 72.4% of the variance shows 3 interesting factors: (i) engagement of JTS for teaching improvement, (ii) use of primary literature for themselves and for students (Springboard effect), and (iii) being recognized as a scientist.

Tab. 1. Principal component analysis of seven items

Extraction/rotation method: Principal Component Analysis/ Varimax with Kaiser Normalization. 3 components extracted.			
	Engagement of JTS for teaching	Use of primary literature	Being recognized as a scientist
Did you read the original articles (Science, Nature, etc.) mentioned in JTS?	.200	.856	-.146
Did you distribute the original articles mentioned in JTS to students or others in your professional activity?	.240	.851	.062
JTS is important for the quality of my teaching.	.869	.094	-.013
JTS made me change the approach of certain chapters in my teaching or my profession.	.727	-.189	.356
I sometimes integrate information from JTS into my teaching / my professional activity..	.796	-.332	-.060
With this type of communication, I feel recognized as a scientist in my discipline.	.160	.056	.779
Do you regularly read JTS?	.510	-.127	-.609

A K-means cluster analysis of the 27 secondary teachers in the 2019 survey allowed us to identify three types of teachers (table 2). A first type labelled “big change” considers that JTS is important for the quality of teaching and made them change the way they teach. They sometimes read original articles and distribute them in class. The largest “some change” type (about half) considers JTS important for teaching like the first type, but makes less use of it, e.g. rarely read original articles and rarely or never distribute them in class. A third “little influence” type of 5 teachers judge JTS somewhat useful for their teaching, but do not acknowledge any influence on teaching. However, they do use it as a resource.

Both the principal component and the cluster analysis show that there are different patterns of engagement of JTS by secondary biology teachers. Three types of users emerge: (i) JTS as an incentive to change and to *jump to* science (ii) JTS as an important resource for teaching, and (iii) other, i.e. possibly teachers that use JTS for their own general knowledge, or out of curiosity. This might also be related to the different needs of teachers according to the age of their students. In addition, most secondary teachers find JTS a very useful resource and read it always, but this may be an effect of self-selection of the respondents.

Tab. 2. Use and usefulness of Jump-to-Science

Typology of secondary teachers (K-means cluster, N=27, 1 missing case)				
Items (response items without answers were removed). Color codes visualize dominating agree (green) and disagree (red) values for each respondent type.		Type 1="big change" N=7	Type 2="small change" N=14	Type 3="little influence" N=5
JTS is important for the quality of my teaching.	2 Partly agree	0	2	2
	3 Mostly agree	1	6	2
	4 Fully agree	6	6	0
JTS made me change the approach of certain chapters in my teaching or my profession.	2 Partly agree	0	3	3
	3 Mostly agree	2	6	0
	4 Fully agree	5	4	0
I sometimes integrate information from JTS into my teaching / my professional activity.	2 Partly agree	0	0	2
	3 Mostly agree	2	10	3
	4 Fully agree	5	4	0
Did you read the original articles? (Science, Nature, etc.) mentioned in JTS?	1 Never	0	3	0
	2 Rarely	0	7	1
	3 Sometimes	7	4	4
Did you distribute the original articles mentioned in JTS to students or others in your professional activity?	1 Never	0	5	1
	2 Rarely	2	8	2
	3 Sometimes	4	0	2
JTS raised my awareness about the research done at Geneva university?	1 Disagree	1	0	0
	2 Partly agree	2	0	1
	3 Mostly agree	4	5	2
	4 Fully agree	0	9	1
Do you regularly read JTS?	3 Sometimes	2	5	3
	4 Always	5	9	1

Overall teacher perceptions from responses in the survey can further be illustrated by a few quotes.

"[JTS] gives me inspiration and concrete ideas on how to use these scientific 'news' in my classes, allows me to bring 'true' information to my students."

"[JTS is] a window on science as it is practiced by its agents."

"JTS is unique! There is a lot of good popularized science, but JTS is the only publication that helps us transform our lessons in the classroom."

"JTS develops a spirit of openness and a critical sense which I find essential in teaching as in all scientific activity. By regularly receiving this research news, I feel supported and encouraged in my teaching activity."

5 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The project presented here has developed over a decade and a half and the results from JTS can be seen as a proof-of-principle confirmation that such new inverted approaches for keeping teachers up-to-date can be developed. Survey responses of all respondents (N=47, e.g. including teacher trainers, academics and teachers-in-training) highlight the importance of JTS for awareness of changes in biology, the important reading rate (91.5% sometimes or always) and agreement on the use of primary literature (78%) for teaching, increasing from 2013-2019. These survey results are promising, but without data about non-respondents, nor a solid measure of what teachers implement in their classrooms, more research is needed in order to confirm these results.

The most interesting correlation in the secondary teacher subset (N=27) is that teachers who follow up primary literature discussed in JTS articles for themselves also offer some of these to students. The typology suggests that there are different types of engagement in primary literature: it is either read and distributed as resources for student learning, read for teachers' own use, or ignored (teachers rely on JTS's summaries and comments). Taken together, these results suggest JTS succeeds in empowering to different degrees an important fraction of the approximately two hundred local biology teachers of which 174 are subscribed to JTS to read authentic research results, which can be interpreted as circumventing the knowledge transformation effects described by Didactical Transposition (DT) theory. In this way, JTS contributes to a slow evolution from a classical transmissive style (teacher informs, summarizes, transposes and diffuses knowledge) towards more up-to-date and active learning strategies by confronting learners with more authentic sources.

This project shows synergistic effects on professional development, helping to raise teacher awareness of their training needs, a recognized obstacle for volunteer in-service training. The fact that results start appearing after many years confirm - without surprise - that changing teacher professional habits must be considered in a long-term perspective.

Developing projects inspired by this reversed approach on a larger scale, and analyzing the effective practices of teachers and the effects on student learning is a promising research venue: JTS could target only secondary II teachers with an MA. However, our results suggest that no restriction is needed as numerous secondary I subscribers mentioned that JTS stimulates their curiosity and professional involvement.

The requirements in terms of skills needed for leading such projects are multiple (cutting-edge science, DT, teacher values, school system,...) and could limit its generalizability. The relevance of this reverse approach could be considered for other sciences, e.g. physics, chemistry and earth sciences as well as most humanities and social sciences.

REFERENCES

- Chandrashekar, J., Hoon, M. A., Ryba, N. J. P., & Zuker, C. S. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, *444*(7117), 288-294.
- Chang, L., & Tsao, D. Y. (2017). The Code for Facial Identity in the Primate Brain. *Cell*, *169*(6), 1013-1028.e14. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.05.011>.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée sauvage.
- Decharms, R. C., Maeda, F., Glover, G. H., Ludlow, D., Pauly, J. M., Soneji, D., ... Mackey, S. C. (2005). Control over brain activation and pain learned by using real-time functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *102*(51), 18626-18631. <https://doi.org/10.1073/pnas.0505210102>
- Erich, Y., Shor, T., Pe'er, I., & Carmi, S. (2018). Identity inference of genomic data using long-range familial searches. *Science*, *362*(6415):690-694. doi: 10.1126/science.aau4832.
- Haggard, P. (2008). Human volition: towards a neuroscience of will. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(N12), 934-946, doi : 10.1038/nrn2497
- Hänig, D. (1901). Zur Psychophysik des Geschmackssinnes. *Philosophische Studien*, *17*, 576-623.
- Hoskins, S. G., Stevens, L. M., & Nehm, R. H. (2007). Selective use of the primary literature transforms the classroom into a virtual laboratory. *Genetics*, *176*(3), 1381-1389.
- Huberman, M. (1983). Recipes for busy kitchens a situational analysis of routine knowledge use in schools. *Science Communication*, *4*(4), 478-510.
- Kampourakis, K., Reydon, T. A. C., Patrinos, G. P., & Strasser, B. J. (2014). Genetics and Society-Educating Scientifically Literate Citizens: Introduction to the Thematic Issue. *Science & Education*, *23* (2), 251-258. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9659-5>
- Kay, K. N., Naselaris, T., Prenger, R. J., & Gallant, J.L. (2008). Identifying Natural Images from Human Brain Activity. *Nature*, *452*(7185), 352-355. doi: 10.1038/nature06713.
- Klimecki, O. M., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2018). Distinct Brain Areas involved in Anger versus Punishment during Social Interactions. *Scientific Reports*, *8*(1), 10556. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28863-3>.
- Kong, A., Thorleifsson, G., Frigge, M. L., Vilhjalmsdottir, B. J., Young, A. I., Thorgeirsson, T. E., ... Stefansson, K. (2018). The nature of nurture: Effects of parental genotypes. *Science*, *359*(6374), 424-428. <https://doi.org/10.1126/science.aan6877>.
- Lappalainen, T., Sammeth, M., Friedländer, M. R., 't Hoen, P. A. C., Monlong, J., Rivas, M. A., ... Dermizakis, E. T. (2013). Transcriptome and genome sequencing uncovers functional variation in humans. *Nature*, *501*(7468), 506-511. <https://doi.org/10.1038/nature12531>
- Lombard, F., & Weiss, L. (2018). Can didactic transposition and popularization explain transformations of genetic knowledge from research to classroom? *Science & Education*, October 2018. *27*(5-6), 523-545 <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-018-9977-8>
- Mitchell, T. M., Shinkareva, S. V., Carlson, A., Chang, K.-M., Malave, V. L., Mason, R. A., & Just, M. A. (2008). Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns. *Science*, *320*(5880), 1191-1195. <https://doi.org/10.1126/science.1152876>
- OECD. (2014). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do* (Volume I, Revised edition, February 2014): OECD Publishing.
- Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, *50*(3), 315-347.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Department of Education of Geneva, the University of Geneva, and the Boninchi Foundation for their generous support.

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

RESEARCHED BASED REPORT OF PRACTICE

COMPREHENDING DIGITIZATION AND DIGITALIZATION – DEVELOPMENT OF A PHENOMENOLOGICAL ACCESS TO ANALOG AND DIGITAL TECHNOLOGY

Svantje Schumann¹

¹University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, School of Education, Institute of Primary School, Hofackerstr. 30, 4132 Muttenz, Switzerland

*Please adress all correspondence to svantje.schumann@fhnw.ch

STRUCTURED ABSTRACT

Background: "Digitization" (analog-digital conversion) and "Digitalization" (digital communication and the impact of digital media on contemporary social life) and "Digital transformation" (transformation processes) are frequent keywords nowadays. However, it is noticeable that the terms "digital" and "analog" are often not understood. In a preliminary survey, teachers were asked about their concepts about both terms as well as of the terms "digitization" and "digitalization". Uncertainty about these terms and the phrase "age of digitalization" seems to be widespread. A fundamental clarification of the terms "digital" and "analog" is an important basis for education and discourse. Understanding these terms and current developments is necessary to make decent sound decisions, e.g. regarding the handling of digital technology. Technical education serves not least the overarching educational goal of developing autonomy. Thus, it is an important goal for teachers to build technical content knowledge. The following is a proposal to make the terms "digital" and "analog" accessible and understandable for technical education teachers using the example of audio technology. Teachers worked out the proposed audio-technical stations and illustrative material within the framework of further training, especially in dialogue with the experts of the University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland. Interviews were analyzed using objective hermeneutics, and it was investigated whether and to what extent the materials and dialogue had supported the teachers in clarifying the terms "analog" and "digital" and improved technical content knowledge. Within the framework of project-related contributions (PgB, 2017 - 2020), various universities of applied sciences and universities of teacher education in Switzerland are implementing cross-university MINT projects to train and further educate teachers. The aim is to encourage children and young people - especially girls and young women – to take a greater interest in MINT topics via the teachers. This requires teachers to have the appropriate content knowledge. This kind of knowledge can be acquired through phenomenological processes. However, there are few proposals for phenomenological access to technology for teacher training.

Purpose: The present study developed training content for technical education teachers in primary schools and aims to make the terms "digital" and "analog" accessible and understandable for them. The proposal was assessed by the teachers regarding the question if it was suitable to acquire knowledge and create understanding.

Sample/Setting: The approach was tested with 21 teachers from primary schools in the context of a teacher training program that was part of a PgB MINT education project of the PH FHNW (<https://www.fhnw.ch/de/die-fhnw/hochschulen/ht/mint-bildung>). In a preliminary survey, teachers were asked about their concepts about digitization and digitalization. After a one-day teacher training course, which was conducted by lecturers from the University of Applied Sciences and Arts (School of Education and University of Technology), open interviews were conducted with the teachers, in which they were asked to assess the training with regards to building up an understanding of the terms "analog" and "digital".

Design and Methods: The preliminary statements and the statements made by the teachers in the final interviews were analyzed using objective hermeneutics. It was thus possible to monitor whether and to what extent the training course had supported the teachers in clarifying the terms "analog" and "digital".

Results: The educational training "Audio technology to clarify the terms analog and digital" improved teachers understanding of the terms "analog" and "digital". This could be a first crucial step to approach broader concepts of digitization, digitalization and digital transformation.



Conclusions: Even though the training course aimed at teachers, it seems to be possible to transfer some of the contents directly into school lessons. It seems worthwhile to develop further examples of phenomenological approaches in combination with Wagenschein's principles of "genetic", "socratic" and "exemplary" learning to understand analog and digital technology.

Keywords: analog and digital technology; phenomenological access, socratic-genetic-exemplary learning, audio technology

Received: February 2020. **Accepted:** June 2020.

1 INTRODUCTION

1.1 The contents "digitization", "digitalization" and "digital transformation" in technical education

"Digitization" is currently a major talking point. It refers to the conversion of analog signals to digital information. Through digitization, digitalization becomes possible: Brennen and Kriess (2014) define digitalization as digital communication and the impact of digital media on contemporary social life. Digitization and digitalization lead to digital transformation which is more about people than about digital technology (Chapco-Wade 2018): people must adapt to digital life. Living in a "technosphere" and the "intellectual mastery" of the digital world (Stuber 2016, 18, 11) requires responsible handling of technical artifacts and purposeful action. A responsible pedagogical-didactic approach is needed to reach the goal of "technical literacy" (International Technology Education Association 2000, 2): „Effective democracy depends on all citizens participating in the decision-making process. Because so many decisions involve technological issues, all citizens need to be technologically literate.“

Arning & Ziefle (2007a, b; 2008) and Ziefle & Bay (2006; 2008) show that the use and operation of digital communication technologies is associated with considerable learning and comprehension difficulties as well as operation obstacles for many users. Negative experiences with digital technology are often reflected in low self-confidence and a negative evaluation of one's own technical competence. Indications exist that many teachers have low self-confidence when it comes to analog and digital technology, even though the BITKOM publication "Schule 2.0" (2011) shows that many teachers prepare lessons on a PC, do Internet research and have access to broadband Internet. Low self-confidence also has a negative effect on interest in technology (Arning & Ziefle 2007a, Bandura, Ross & Ross 1963, Beier 1999, Beyer 1999, Edelmann 2000, Schumacher & Morahan-Martin 2001, Ziefle & Bay 2008). Understanding digital technology is often a secondary goal of school lessons and only taught by teachers with an affinity for technology (Pfenning, Renn & Mack 2002).

This study investigates the concepts teachers have about the terms "analog" and "digital". This survey was followed by the conception of a subsequent teacher training course. The specific teacher training course especially aims at improving the content knowledge

(Shulman 1987) of teachers with regard to "digitization" and "digitalization".

1.2 The initial survey and its methodology

In an initial survey, a random sample of 21 teachers of Primary Schools were interviewed in order to investigate their concepts of the terms "analog" and "digital".

The interviews were evaluated using objective hermeneutics, a reconstructive method (Oevermann 1996). The method further attempts to formulate possible readings/interpretations with regard to meaning structures and thereby generate a case structure hypothesis. Objective hermeneutics is a method of deciphering these objectively valid structures of meaning in an intersubjectively verifiable way using concrete, readable, audible and visible forms of expression (Oevermann 1996). It is assumed that hypothesis-generating methods, such as objective hermeneutics (Oevermann 1996), have significant knowledge generation potential, especially when there is a considerable need to produce knowledge.

15 interviewees frankly stated that they had no mental concepts of the terms "digital" and "analog" and that it was therefore hardly possible for them to explain the terms to other people or their students; 17 teachers talked about analog technology as an older technology. All teachers associated digital technology with modern technology. 5 teachers stated that digital technology had something to do with computers, 3 used the term "computer-based technology" when talking about digital technology. No teacher could clearly define the terms digitalization, digitization and digital transformation and differentiate between them.

10 teachers stated that they saw themselves more as users of computer technology and had little understanding of how computers work. 18 had no experiences with programming. 19 teachers stated that they saw their students mainly as users of computers and smartphones. 9 teachers attested a rather low self-confidence in handling technical equipment. 5 considered themselves to have little technical competence.

The thought of the future scared some interviewees. For example, some of them stated, that relatives or friends fear that they would lose their job because machines would replace human labor - although many of them realized that it is also a blessing when monotonous, physically stressful work steps are taken over by

machines. Fears also exist with regard to "intelligent" technology, e.g. driverless cars.

2 THEORETICAL FRAMEWORK: THE PHENOMENOLOGICAL APPROACH IN COMBINATION WITH WAGENSCHN'S PRINCIPLES OF "GENETIC", "SOCRATIC" AND "EXEMPLARY" LEARNING

The teacher training program focuses on the example of audio technology. Audio technology has had a long and ever-evolving history following a progress from analog phonograph recordings through the audiotape era and into the digital realm (Jones 2008). The program's aim is to build an understanding in a phenomenological educational process. In this process, participants deal with perceptible or tangible objects and processes from audio technology (Østergaard and Hugo 2008) combined with Wagenschein's principles of "genetic", "socratic" and "exemplary" learning (Wagenschein 1999, 2005).

The phenomenological approach in pedagogy is based on the phenomenology of Husserl ([1927] 2001) and was mainly extended by Schütz (1974) in the 1970s. Direct experience is regarded as epistemologically significant; objects and the world as such can be experienced. A fundamental element is the interaction of the opening subject with the object to be interpreted. According to Deckert-Peaceman, Dietrich and Stenger (2010, 46), "Phenomenology seeks to turn the mutual constitutional conditions of subject and object, of man and world, into research topics".

The holistic nature of interpretation, the ordinariness of experiences and the process of comprehension and interpretation are central characteristics of the phenomenological perspective. According to Seiffert (2006, 26), the term "phenomenological" describes a method that comprehends the human world directly through 'holistic' interpretation of everyday situations. The origin of knowledge acquisition is seen in immediate occurrences, i.e. phenomena on which "relations between a person (an "I") and the phenomena of the world" are established ("constituted") (Buck 2012, 49).

Langeveld (1965, 26) describes the term "phenomenological" as follows: "For the time being we clarify this expression by saying that we consider the phenomenon in its manifestation accessible to everyone [...]." According to Langeveld, the phenomenological method attempts to analyze a situation or object by ultimately breaking down the activity of cognition through observation, stratification and dialogue of the phenomenon itself. In the phenomenological view, learning is understood as a relationship foundation that "emanates from the subject and is 'intentional', i.e. directed towards the phenomenon of nature" (Buck 2012, 50). In the analytical observation of things, what stands out immediately (phenomenally) is adhered to.

Genetic learning refers primarily to historical-genetic learning, which involves the transformation from older technology to new technology and thus seeks to build understanding. It also includes the individual genetic perspective, whereby knowledge should be acquired primarily through independent thought and action (cf.

Möller 2007, 258). By taking the socratic principle into account, much room is given to dialogue. The focus is not on finished knowledge but on the dialogical development of interpretations (cf. Duit & Treagust 1998). Exemplarity means a justified restriction to particularly clear, impressive principles or examples that embody the facts of a topic - in this case audio technology.

3 ANALOG TECHNOLOGY: FROM A RUBBER BAND GUITAR VIA A GRAMOPHONE TO A DYNAMIC PLUNGER MICROPHONE

The following section highlights how learning objects in the field of analog technology are developed.

3.1 The rubber band guitar

A rubber band guitar is composed of a (resonating) body and a single rubber string. If the rubber band is plucked, it starts to vibrate. The vibration amplitude and frequency depend on physical properties, such as length and strain.

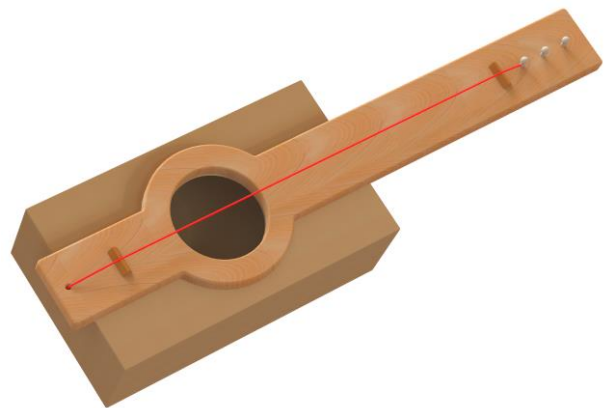


Fig. 1. Rubber band guitar with adjustable pitch (© Schumann)

The vibration of the rubber band is transmitted to the wooden body which in turn actuates air molecules. Although the string also produces changes in the surrounding air pressure, its surface is too small to produce audible sounds. From the body, the accelerated air escapes through the sound hole and becomes audible. The sound of the rubber band guitar thus results from processed oscillation and is purely "analog".

3.2 The gramophone

The gramophone is also a pure "analog" device, but is substantially more complex. Sound generation originated from the needle traveling along the spiral groove of the record, which has microscopically small ripples on the inner edges of the groove (which can be visualized using a microscope) (see Fig. 2).

The needle moves from right to left and transmits the vibration via a lever arm to a connected diaphragm. The resulting vibration of the diaphragm pushes air molecules in the direction of the horn. The opening shape

of the horn leads to a volume amplification as the moving air molecules (i.e. the "sound waves") have more and more space to spread (in a plain tube, the molecules would obstruct each other, reflected molecules slow down the others and no amplification would emerge). Finally, the molecules leave the horn as sound waves, travel through the surrounding space and eventually hit the eardrum.

However, the horn shape is not a real amplifier (no energy is added), but only "creates room" for the sound waves. Still it is true that the sound gets louder by traveling through the horn.

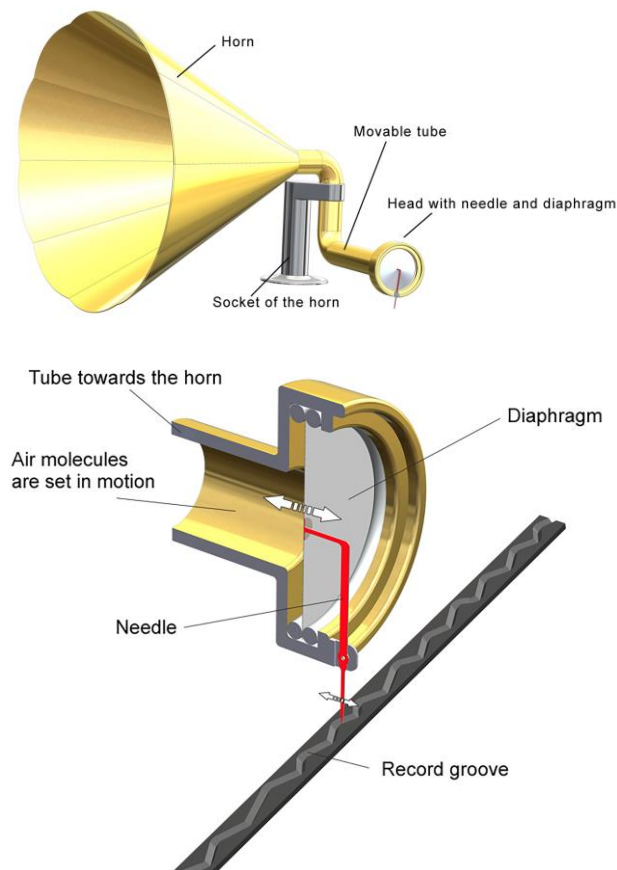


Fig. 2. Construction and functionality of a gramophone (© Schumann)

3.3 The microphone

Figure 3 shows the principle of a moving-coil microphone:

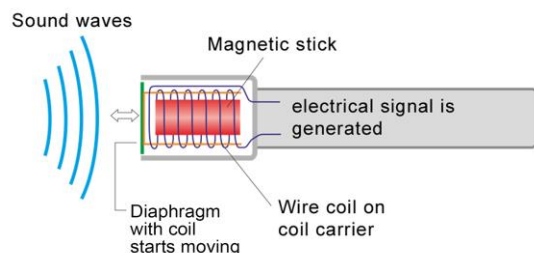


Fig. 3. Scheme of the moving-coil microphone (© Schumann)

The body of the microphone is composed of an elastic membrane to which a wire coil and a permanent magnet are attached. If sound waves (e.g. from a singer or speaker) hit the diaphragm, the attached wire coil starts to move. The moving coil inside the magnetic field of the magnet will in turn induce an electrical current. This current is passed on to an amplifier or pre-amplifier.

The moving-coil microphone thus converts the sound wave into electrical current. As there is no discretization happening in the signal transduction, the moving-coil microphone is an analog device. A basic principle can be seen here: Analog signals refer to a continuous-time base, digital signals in turn to a discrete time base. One can even state that all digital signals are discrete in nature, but not every discrete signal is digital.

4 CONVERSION «ANALOG - DIGITAL - ANALOG»: «AUDIO FILES ON A CD» AS AN EXAMPLE OF AUDIO TECHNOLOGY

The audio CD is used as an example to illustrate the transformation between analog and digital domains. At the beginning of the "production chain", there is the singer. The vocal chords and the resonance space of the head set the air molecules in motion when singing or speaking. With the microphone placed in front of the singer, the air molecules hit the microphone diaphragm, which picks up the vibration and induces the currents as explained above.

During a live performance, this electrical signal can now be passed on directly to a preamplifier and a main amplifier. The main amplifier transmits the signal to the loudspeaker. A loudspeaker consists of components identical to moving-coil microphones, but now current is injected into the coil and the speaker membrane moves in response to the changes in the magnetic field. The process of capturing, amplifying and outputting the sound is thus completely analog.

In order to produce an audio CD, the vocals must be recorded. Today, recording engineers use PCs to tap the electrical signal from the preamplifier and transfer it to an A/D converter (A/D = analog / digital) to sample the voltage from the microphone amplifier with a fixed frequency (discrete-time). This process generates a series of discrete voltage values with a constant time interval. The vocal acoustics can now be digitally stored and processed. The computer assigns a digital value to each recorded voltage. The quality of the digital signal increases with the sampling frequency and the bit depth. A higher sampling frequency increases the temporal resolution whereas an increase in bit depth produces more accurate amplitudes. The higher the quality of the digital signal, the more similar it is to the analog signal.

If the recording engineer wants to listen to the recorded material through studio monitor speakers, the digital signals need to be reconverted into analog voltages. Therefore, the computer feeds the digital signal into a D/A (digital-to-analog) converter. Here, each digital value is converted into a voltage and the inevitable discontinuities are smoothed. Finally, the signal is re-amplified and sent to the speakers. Figure 4 illustrates

the described function chain as well as the process of A/D and D/A conversion.

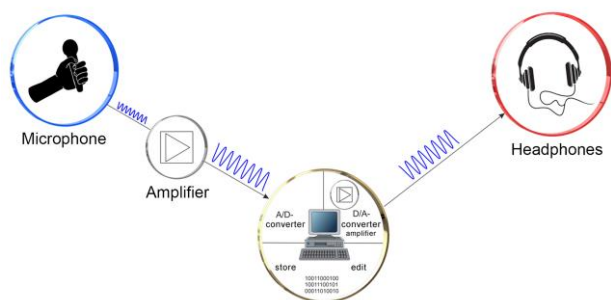


Fig. 4. A/D converting – D/A converting (© Schumann)

5 ASSESSMENT OF THE EDUCATIONAL OCCASION AND GAINED UNDERSTANDING

The majority of teachers stated that the example of audio files had helped them visualize the terms "analog" and "digital". All teachers used the general visualization aids used in the teacher training course to explain the terms "analog" and "digital": a) Analog signals are signals that can be imagined as a curve in a graphical coordinate system; the curve has an infinite number of points b) Digital signals are signals produced by a computer.

All 21 teachers stated that the chosen example "audio technology" was easily accessible and part of everyday life (example: "We all have music equipment before our very eyes"). Many teachers consider this visualization an important basis to build understanding. They agreed that examples and experience from everyday life were very helpful in the context of further training. The teachers believed that the exemplary focus on "audio technology" provided a stable framework for learning processes. They also assumed that this framework could be beneficial for students since a central theme can help them understand more complex processes. According to many teachers, the topic of "audio technology would allow multifaceted dynamics in the dialogue and personal contribution of experience. 19 teachers stated that the exemplary approach was very helpful in building their understanding. This assessment is consistent with the idea that the educational effectiveness of exemplary learning is based on clear, impressive principles or examples that accurately represent the subject matter, thereby offering a wide range of possible starting points. The dialogical character of the learning occasion has further sharpened the teachers' awareness of the importance of a dynamic, situational-spontaneous, reciprocal dialog for educational processes. These 19 teachers also agreed that the educational training helped experience one's own competence. Several female teachers were surprised because they had consciously experienced that they can understand technology for the first time if they have the opportunity to clarify all open questions.

18 teachers stated that the very simple equipment (e.g. the rubber band guitar) provided a good introduction to the subject. They appreciated the approach of starting with simple devices, and analyzing them together with other participants in order to draw coherent conclusions. According to 15 teachers, this approach generated self-efficacy and a sense of competence, which according to 12 teachers had a positive effect on satisfaction and interest. These statements underline the importance of historical-genetic learning for educational processes, as assumed in literature (cf. Möller 2007).

15 teachers particularly appreciated the conscious dialogue which helped provide explanations. 10 teachers stated that the dialogue was particularly well suited to compile the diverse experiences and background knowledge of all. They claimed that the group was able to make coherent assumptions or draw conclusions more quickly thanks to this dialogue. 8 teachers stated that it had been difficult to admit their lack of knowledge in the dialogue. Crucial elements of the educational occasion were sensual-perceptive, leisure investigations of object details as well as discussions. These were repeatedly emphasized as helpful for the development of understanding. 13 teachers said they had consciously experienced the reconstruction of knowledge and the nature of educational processes. All teachers said that they had acquired expertise. These results also implicitly reflect the assumption of phenomenology, according to which empathy which develops in dialogue and interaction is a prerequisite to make a foreign field comprehensible and understandable.

18 teachers claimed they understood analog and digital as real, existing, distinguishable forms of technology. 15 teachers said that they would appreciate being able to choose the most understandable object or visualization by themselves. 10 teachers said they were relieved because they only needed to understand basic principles, and not every example in detail, to explain the terms "digital" and "analog". 16 teachers said they liked the discussed example of "audio technology" because it is sensually very impressive. This statement complies with the phenomenological dimension of physical experience, which is important for educational processes.

All teachers were able to define digitization as the conversion of analog to digital and digitalization as the impact of digital technology on social life. A typical definition of digitalization was: "Digitization in the broadest sense means using computers and decentralized data storage for as many applications as possible in everyday life - but also especially in industry and administration."

All 21 teachers stated that it was very challenging for young children to imagine invisible principles and functions. All teachers agreed that technology education at primary level should work with simple, concrete and tangible models to unambiguously demonstrate their operating principles. 19 teachers stated that the educational event had enabled them to discuss digitization and digitalization with children. Accordingly, they would now dare to immerse themselves in conversations with heterogeneous groups

of children, detached from a "script" or a "one-way to the goal".

6 CONCLUSIONS: UNDERSTANDING AND CLASSIFYING DIGITIZATION AND DIGITALIZATION IN A PHENOMENOLOGICAL, SOCRATIC-GENETIC-EXEMPLARY WAY

The question arises how to critically reflect on digitalization in order to take an informed decision? Administrative institutions and authorities have repeatedly claimed that official procedures would be digitalized to save time otherwise spent in waiting rooms (for example registering a car or extending an ID document). However, digitalization can also mean that individual movements are registered, e.g. personal purchasing behavior is documented. Digitalization offers new possibilities, but also creates new risks. Personal advantages and risks of digital technology must be weighed carefully and critically.

Digitalization thus offers new possibilities to hand over decisions and actions to digital systems that surround us, so-called external systems. If we decide to delegate decision-making and action areas to digital technology, we have to trust these systems. To a certain extent, one delegates responsibility to them. Particular consideration is therefore required to decide how much responsibility and autonomy we are willing to transfer to these systems.

The educational training "Audio technology to clarify the terms analog and digital" improved teachers understanding of the terms "analog" and "digital" and could be a first step to approach the broader concepts of digitization, digitalization and digital transformation.

REFERENCES

- Arning, K. & Ziefle, M. (2007a). Understanding differences in PDA acceptance and performance. *Computers in Human Behaviour*, 23(6), 2904-2927.
- Arning, K. & Ziefle, M. (2007b). Barriers of information access in small screen device applications: The relevance of user characteristics for a transgenerational design. In C. Stephanidis & M. Pieper (Eds.), "User Interfaces For All": *Universal Access in Ambient Intelligence Environments* (pp. 117-136). LNCS 4397. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Arning, K. & Ziefle, M. (2008). Assessing computer experience in older adults: Development and validation of a computer expertise questionnaire for older adults. *Behaviour and Information Technology*, 27(1), 89-93.
- Bandura, A., Ross, D. & Ross, S. (1963). Imitation of film-mediated aggressive models. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 66, 3-11.
- Beier, G. (1999). Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik. *Report Psychologie*, 9, 684-693.
- Beyer, S. (1999). *Gender Differences in the Accuracy of Grade Expectancies and Evaluations. Sex Roles*, 41(3-4), 279-296.
- Brennen, S. & Kreiss, D. (2014). Digitalization and Digitization. Retrieved from <http://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization/>
- Buck, P. (2012). Wenn authentisches Verstehen ein Ziel des Sachunterrichts ist - Konstruktivistische Auffassungen vom Lernen sind zwar nützlich, aber nicht hinreichend. *Magazin Sache - Wort- Zahl*, Volume 128/40, 48-53.
- Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. BITKOM (2011). Schule 2.0. Eine repräsentative Untersuchung zum Einsatz elektronischer Medien an Schulen aus Lehrersicht. Retrieved from https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/BI_TKOM-Publikation-Schule-20.pdf, 27.04.2020.
- Chapco-Wade, C. (2018). Digitization, Digitalization, and Digital Transformation: What's the Difference? Retrieved from <https://medium.com/@colleenchapco/digitization-digitalization-and-digital-transformation-whats-the-difference-eff1d002fbdf>
- Deckert-Peaceman, H., Dietrich, C. & Stenger, U. (2010). Einführung in die Kindheitsforschung. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Duit, R. & Treagus, D. F. (1998). Learning in science - From behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of Science Education, Part 1* (pp. 3-25). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Edelmann, W. (2000). Lernpsychologie. 6. ed. Weinheim: Beltz.
- Husserl, E. [1927] (2001). Natur und Geist: Vorlesungen Sommersemester 1927. Editor: Michael Weiler, Husserliana Volume 32. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- ITEA [International Technology Education Association] (2009). Standards for Technology Education. Content for the Study of Technology. Executive Summary. Reston, VA: Author.
- Langeveld, M. J. (1965). Einführung in die theoretische Pädagogik. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Möller, K. (2007). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert & D. von Reeken (Eds.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (pp. 248-416). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Østergaard, E. & Hugo, A. (2008). Vom Phänomen zum Begriff - und zurück. Entwicklung

phänomenologischer Unterrichtskompetenzen. In GDGP [Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts], (Ed.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (pp. 182-184). Proceedings of the annual conference 2007. Berlin: LIT Verlag.

Oevermann, U., Allert, T., Konau, E. & Krambeck, J. (1979). Die Methodologie einer "objektiven Hermeneutik" und ihre allgemeine forschungslogische Bedeutung in den Sozialwissenschaften. In H. G. Soeffner (Ed.), *Interpretative Verfahren in den Sozial- und Textwissenschaften* (pp. 352-434). Stuttgart: Metzler.

Oevermann, U. (1996). Krise und Muße. Struktureigenschaften ästhetischer Erfahrung aus soziologischer Sicht. Lecture on 19.06.1996 at Städel school, Frankfurt am Main. Retrieved from: <https://d-nb.info/974364967/34>

Pfenning, U., Renn, O. & Mack, U. (2002). *Zur Zukunft technischer und naturwissenschaftlicher Berufe. Strategien gegen den Nachwuchsmangel*. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart: Online Publikationen der Universität Stuttgart.

Schütz, A. (1974). *Der sinnhafte Aufbau der sozialen Welt. Eine Einleitung in die Verstehende Soziologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Seiffert, H. (2006). *Einführung in die Wissenschaftstheorie*. München: Verlag C. H. Beck.

Schumacher, P. & Morahan-Martin, J. (2001). Gender, Internet and computer attitudes and experiences. *Computers in Human Behavior*, 17, 95-100.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* 57, 1-22.

Stuber, T. (2016) (Ed.). *Technik und Design. Grundlagen*. Bern: Hep Bildungsverlag.

Wagenschein, M. (2005). Was bleibt? Verfolgt am Beispiel der Physik. *Widerstreit Sachunterricht*, ed. 5. Retrieved from: <https://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneII/arch/wagenschein/wagenschein.pdf>

Wagenschein, M. (1999). *Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch*. Weinheim und Basel: Beltz.

Wernet, A. (2012). Die Objektive Hermeneutik als Methode zur Erforschung von Bildungsprozessen. In Schittenhelm, K. (Ed.), *Qualitative Bildungs- und Arbeitsmarktforschung. Grundlagen, Perspektiven, Methoden* (pp. 183-202). Theoretical foundations and methods. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Ziefle, M. & Bay, S. (2006). How to overcome disorientation in mobile phone menus: A comparison of two different types of navigation aids. *Human Computer Interaction*, 21(4), 393-432.

Ziefle, M. & Bay, S. (2008). Transgenerational Designs in Mobile Technology. In Lumsden, J. (Ed.), *Handbook of Research on User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology* (pp. 122-140). IGI Global.

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

RESEARCHED BASED REPORT OF PRACTICE

BRENNPUNKT NACHHALTIGKEIT – BEITRAG EINER DIGITALEN LERNPLATTFORM ZU TRANSFORMATIVEM LERNEN UND TRANSFORMATION IN RICHTUNG NACHHALTIGER ENTWICKLUNG

Lilian Julia Trechsel¹, ORCID: 0000-0001-8734-6394
Rolf Peter Tanner², ORCID: 0000-0001-9401-1381

¹Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung und Umwelt (CDE), Universität Bern, Schweiz

²Institute für Sekundarstufe II, Pädagogische Hochschule Bern, Schweiz

*Please adress all correspondence to Lilian Julia Trechsel, lilian.trechsel@unibe.ch

STRUCTURED ABSTRACT

Hintergrund: Der Globale Entwicklungsreport der Vereinten Nationen (Global Sustainable Development Report) von 2019 macht deutlich, dass die Umsetzung der Ziele für Nachhaltige Entwicklung (SDGs) alle Weltbürgerinnen und -bürger etwas angeht und hat das Bewusstsein der nötigen Transformation in Richtung von Nachhaltiger Entwicklung verdeutlicht (United Nations, 2019). Zudem macht die Bildungsagenda der UNESCO (Deutsche UNESCO-Kommission, 2017) den Auftrag der Bildung zur Implementierung der SDGs ganz deutlich. Weil die Umsetzung von Bildung für Nachhaltiger Entwicklung in vielen Deutschschweizer Kantonen mangelhaft ist, wird die Dringlichkeit von Lernplattformen wie «Brennpunkt Nachhaltigkeit» deutlich, die transformatives Lernen anstossen können.

Zweck der Forschung: Es wird aufgezeigt, wie bestehende Modelle von Nachhaltiger Entwicklung, sowie Kompetenz- und Lernaufgabenmodelle zu einem Setting vereint werden können um mit Digitalem Lernen einen Beitrag zu Bildung für Nachhaltige Entwicklung zu leisten.

Methode: Es werden verschiedene Stufenmodelle zur Kompetenzentwicklung sowohl allgemeiner wie auch spezifischer Art in Bezug auf Nachhaltige Entwicklung in Verbindung mit einem erprobten Lernaufgabenmodell gebracht. Dadurch entsteht ein Setting für die Umsetzung von Lerngelegenheiten auf einer digitalen Plattform.

Resultate: Es werden ausgewählte Resultate der Evaluation zweier Lerneinheiten (Lernpfade) der Lernplattform vorgestellt.

Schlussfolgerungen/Umsetzung im Klassenzimmer: Die Schülerinnen und Schüler arbeiten in ihrem eignen Lerntempo auf der Plattform und vertiefen in gewissen Lernschritten die Inhalte nach ihren Interessen. Eine Lernplattform dieser Art macht anregende Online-Inhalte gebündelt zugänglich und bindet diese in sinnvolle Lernaufgaben ein. Es besteht jedoch die Gefahr, dass sich Schülerinnen und Schüler online verlieren. Wichtig ist darum die Funktion der Lehrperson, die sich aktiv als Coach einbringt, denn die Lernplattform ist kein Selbstlern-Tool. Wie weit die Plattform zur Umsetzung der internationalen Ziele für Nachhaltige Entwicklung (SDGs) und somit zur Transformation einer Gesellschaft in Richtung Nachhaltiger Entwicklung beiträgt, hängt stark vom Engagement der Lernenden und dem aktiven Einbringen der Lehrpersonen ab.

Kommentar: Die Lernplattform wird Ende 2020 hier zugänglich sein: www.brennpunkt-nachhaltigkeit.ch.

Keywords: Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE), digitaler Unterricht, Kompetenzmodelle, transformatives Lernen, Ziele für Nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs), Lernplattform, Transformation

Received: March 2020. **Accepted:** June 2020.



1 EINLEITUNG

Die Wälder in Australien brennen, Flüchtlingsströme ziehen in Richtung Europa und die Weltwirtschaft wird wegen eines Virus durcheinandergebracht. Mit diesen Themen sind die heutigen Schülerinnen und Schüler konfrontiert und damit auch die Lehrpersonen herausgefordert, ihnen eine Bildung zu ermöglichen, die sie nicht zu passiven Zuschauenden sondern zu aktiven, handelnden und zukunftsgerichteten Bürgerinnen und Bürgern macht. Doch welcher Ansatz soll gewählt werden und welche Tools unterstützen Lehrende und Lernende dabei?

Nachhaltige Entwicklung (NE) sowie Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) sind schon länger sowohl auf politischer wie gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Ebene legitimiert. Seit der Lancierung der globalen Agenda 2030 für Nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen mit der Setzung von globalen Zielen für Nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) hat der Diskurs eine neue Dynamik erhalten und soll in der Schweiz im Schulunterricht auf allen Stufen integriert werden (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Die Sekundarstufe II und insbesondere das Gymnasium ist davon aber bisher wenig berührt worden, da die Dekade BNE (2005-2014) auf die Primar- und Sekundarstufe I zielte und die Kompetenzorientierung im Bereich von NE erst langsam ins Rollen kam (Wilhelm, Förster, Nagel, Wülser & Zingerli, 2015). In vielen Lehrplänen der Sekundarstufe II in der Deutschen Schweiz sind explizite Themen zu Nachhaltiger Entwicklung weitgehend absent. Genau dies macht die Dringlichkeit für neue Bildungsangebote und innovativen Tools in diesem Bereich deutlich und diente als Anstoss zur Erarbeitung der hier beschriebenen Lernplattform «Brennpunkt Nachhaltigkeit», die in einem Entwicklungsprojekt an der Pädagogischen Hochschule Bern (PHBern) entsteht. Für die Evaluation der ersten Produkte waren folgende Fragestellungen leitend:

- Modelle: Welches Nachhaltigkeitsmodell bietet sich für ein gutes Verständnis auf der Sekundarstufe II an, welches Kompetenzmodell legt eine gute Basis und nach welchem Lernaufgabenmodell können Aufgaben sinnvoll für die Plattform strukturiert werden?
- Erfahrungen: Wie erleben Schülerinnen und Schüler die Plattform «Brennpunkt Nachhaltigkeit», wie gross ist ihre digitale Erfahrung und wie breit ist ihr Nachhaltigkeitswissen bereits?

2 AUSGANGSLAGE

Der Globale Entwicklungsreport der Vereinten Nationen (Global Sustainable Development Report) von 2019 macht deutlich, dass die Umsetzung der Ziele für Nachhaltige Entwicklung (SDGs) alle Weltbürgerinnen und -bürger etwas angeht und hat das Bewusstsein der nötigen Transformation in Richtung von Nachhaltiger Entwicklung verdeutlicht (United Nations, 2019). Der Bericht zeigt Erfolge, aber auch die ernüchternde Kluft zwischen dem was getan werden sollte und was wirklich

getan wird. Der Report betont die Dringlichkeit (Messerli et al., 2019). Die Bildungsagenda der UNESCO (Deutsche UNESCO-Kommission, 2017) macht den Auftrag der Bildung zur Implementierung der SDGs deutlich. Im Bereich der Bildung bringt dies die Lehrpersonen in den Zwiespalt, wo sie einerseits am vorherrschenden Bildungssystem anschlussfähig bleiben müssten und wo sie sich andererseits der radikalen Kritik am Status quo, der nach ganz anderen Lehr- und Lernformen verlangt, stellen sollten. Die dazu notwendigen transformativen Lernerfahrungen können auch krisenhafte Momente bei Schülerinnen und Schülern auslösen, machen die Lernumgebung zum Gegenstand der Reflexion und bringen Machtverhältnisse zum Vorschein. Darin erfahren Lernende ihre eigene Rolle und gehen vielmehr fragend an die Aufgaben (Singer-Brodowski, 2016). Von grosser Bedeutung ist dabei das Setting in dem sich Lernende bewegen. Eine Lernumgebung soll ein sicherer Ort sein, wo dieses Unbehagen in Dilemmasituationen lehrreich wird und Emotionen im Lernprozess Platz haben (Förster, Zimmermann & Mader, 2019). In der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) sind Lehrpersonen besonders gefordert, da sie sich in einem normativen Kontext bewegen, der sehr stark durch ihre eigenen Werte und Normen geprägt ist (Kläy, Zimmermann & Schneider, 2015). Im Sinne des Beutelsbacher Konsenses haben Lehrpersonen die Verantwortung, ihre Lernenden nicht zu überrumpeln und sie zu selbstdenkenden Individuen auszubilden. Ebenso sollten Unterrichtsinhalte, welche in Wissenschaft und Politik kontrovers diskutiert werden auch so im Unterricht dargestellt werden und die Schülerinnen und Schüler dabei ihre eigene Interessenlage finden (bpb, 2011). Die Normativität wird der BNE häufig vorgeworfen mit dem Diktum, dass Bildung „wertfrei“ und „neutral“ zu sein habe. John Hattie (2014, S. 300) hingegen schreibt in seinem viel beachteten Grundlagenwerk: „Bildung ist dabei nie neutral. Ihr grundlegender Zweck ist Intervention oder Verhaltensänderung. Das ist das, was Unterrichten zu einer moralischen Profession macht“. Dies betonen auch Kläy et al. (2015) in dem sie die Wertediskussion explizit in der Wissenschaft fordern. Auch die 17 SDGs der Vereinten Nationen haben einen deutlichen normativen Charakter und somit ist auch deren Umsetzung nicht normen- oder wertefrei. Zentral ist dabei, dass die SDGs zwar auf globaler Ebene formuliert und beschlossen wurden, diese jedoch dem konkreten lokalen Kontext angepasst werden müssen (Schneider et al., 2019).

Im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit kommt oft auch die Digitalisierung ins Spiel. Beide werden als Megatrends beschrieben, dabei wird die Digitalisierung als Antrieb für umwälzende Veränderungen gesehen. Ob sie zu einer nachhaltigeren Welt beiträgt, wird kontrovers diskutiert. Die Digitalisierung ermöglicht datengelenkte transnationale Vereinigungen und globale partizipatorische Plattformen (Seele & Lock, 2017). Kuntzman und Rattle (2019) weisen hingegen auf die grossen ökologischen Schäden hin, wie beispielweise Raubbau der Ressourcen, giftige Abfallprodukte oder die gesteigerte Energienachfrage durch digitale Kommunikation. Durch ihre grosse Literaturrecherche im

Bereich Nachhaltigkeit und Digitalisierung zeigen sie eine Matrix von blinden Flecken auf und formulieren eine paradigmatische Kurzsichtigkeit für digitale Schäden. Kuntsman und Rattle betonen, dass trotz jahrzehntelanger Kritik von feministischer und post-kolonialer Seite mit vielen Wissenschaftsvertretenden aus dem globalen Süden die Machtstrukturen der globalen Wirtschaft im Bereich der Digitalisierung sehr stark sind. Beispielsweise wird die beabsichtigte Obsoleszenz von digitalen Produkten weiter hingenommen. Weiter weisen sie darauf hin, dass das Themenfeld nicht die Nachhaltigkeitswissenschaft alleine etwas angeht, sondern dass es dabei viel mehr transdisziplinäre Ansätze braucht (Kuntsman & Rattle, 2019). Die Digitalisierung macht auch vor den Schulzimmern in der Schweiz nicht Halt. Parallel zur Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft läuft auch die Transformation zu einer digitalen Gesellschaft, was folgendes Zitat deutlich macht: „Und dass wir in einer Umbruchszeit leben, kann man nicht mehr als blosse theoretische Behauptung oder gar einen interessen geleiteten Wunsch (z. B. der Industrie) abtun, denn sie ist längst eine gesellschaftliche und auch persönliche Alltagserfahrung der meisten Menschen geworden und muss als Tatsache verstanden werden. Das Denken in Zusammenhängen, in Beziehungen, in Prozessen, kontextbezogen und reflexiv – systemisches Denken also – verändert nicht nur die Art des Denkens, sondern erfordert auch eine neue Art des Lernens“ (Rosa, 2018).

3 THEORIE: NACHHALIGKEITS-, KOMPETENZ- UND LERNAUFGABENMODELL

Um die Legitimation von Unterricht im Bereich von Nachhaltiger Entwicklung (NE) aufzeigen zu können, benötigt es Nachhaltigkeitsmodelle. Ein anerkanntes Modell nimmt die drei Dimensionen Ökologie, Gesellschaft und Wirtschaft auf und ist meist mit überschneidende Kreise (Schnittmengenmodell oder Drei-Kreise-Modell) dargestellt. Je nach Modell haben einzelnen Nachhaltigkeitsdimensionen jedoch eine stärkere Gewichtung. Prinzipiell kann zwischen hierarchisch verschachtelten und mehr auf gleich gewichteten Dimensionen (mit Schnittmengen) ausgerichteten Modellen unterschieden werden. Für die Vermittlung von NE ist es erforderlich, die Schülerinnen und Schüler mit einem für sie verständlichen Modell von NE vertraut zu machen. In Bezug auf die Nachhaltigkeitsvermittlung auf der Sekundarstufe II stützt sich beispielsweise das verbreitete Lehrmittel von

Egli et al. (2019) auf das klassische Drei-Kreise-Modell (s. Abb. 1), das jedoch durch zwei weitere Aspekte ergänzt wird, so dass die Zeitdimension mit einbezogen wird, sowie auch verschiedene Kontexte (lokal-global) ihren Platz haben.

Ebenso verwendet der Lehrplan 21 für die obligatorische Schule das Schnittmengenmodell (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016).

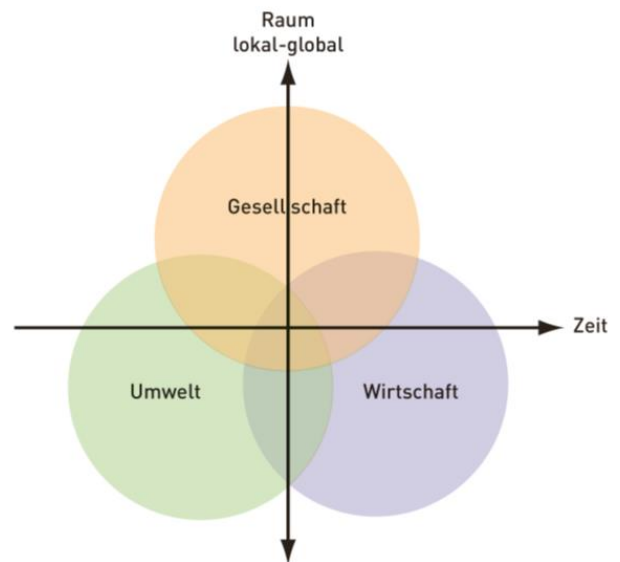


Abb. 1. Das Schnittmengenmodell Nachhaltigkeit nach Egli, Hasler und Probst (2019)

Auch die Lernplattform «Brennpunkt Nachhaltigkeit» setzt ihren Schwerpunkt auf das Modell mit den Kreisen zur ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension. Dieses Modell ist für die Schülerschaft auf Sekundarstufe II gut verständlich und lässt ebenfalls eine grobe Kategorisierung der Inhalte der Plattform in die drei Nachhaltigkeitsdimensionen zu. Inhaltlich enthält die Lernplattform bewusst Brennpunkte vom globalen Süden und Norden.

Über lange Zeit waren Curricula primär auf Wissensvermittlung ausgelegt und weniger auf das Fördern von Kompetenzen, obwohl diese mehr Raum für Kreativität und kritische Auseinandersetzungen in der

Wissensvermittlung zulassen würde (Wilhelm et al., 2015). Kompetenzmodelle dienen als prozessorientierte Vorstellungen über den Erwerb von fachbezogenen oder fächerübergreifenden Kompetenzen (BIFIE, 2020), in

Tab. 1. Stufenmodelle für Kompetenzen zu BNE (Tanner, 2015)

Autoren	Trias		
Wilhelm Hamiti & Wydler, 2014	Systemische Dimension	Normative Dimension	Transformative Dimension
Applis, 2012	Erkennen	Bewerten	Handeln
Euler & Hahn, 2004	Wissen	Einstellungen	Fertigkeiten
Schubiger, 2013	Wissen	Wollen	Können
Sterling, 2001	konformativ	reformativ	transformativ
Pohl & Hirsch Hadorn, 2006	Systemwissen	Zielwissen	Transformationswissen

diesem Fall über NE, sagen jedoch noch nichts über die eigentlichen Kompetenzen aus. Ein Grossteil der Kompetenzmodelle für Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) sind Stufenmodelle, die meist in Triaden (s. Tabelle 1) strukturiert sind. Bezüglich der inhaltlichen Kompetenzen hat sich das Projekt «Brennpunkt Nachhaltigkeit» stark an den BNE-Kompetenzen von *éducation21* (*éducation21*, 2016) orientiert, da die Darstellung der BNE-Kompetenzen als Spider-Diagramm sehr klar und anwendungsorientiert ist.

Vor allem in der Berufsausbildung hat das Lernprozessmodell RITA (s. Abb. 2) von Schubiger (2013), das sich seinerseits auf ein Modell des französischen Soziologen Le Boterf (2000) stützt, grosse Beachtung erhalten. Schubiger unterscheidet als Kompetenzstufen „Ressourcen aktivieren“, „Information verarbeiten“, „Transfer anbahnen“ und „Auswerten“. Wenn wir dem Bildungsverständnis eine konstruktivistische Perspektive zugrunde legen, ist als erster Schritt bzw. als Vorstufe sicherlich die individuelle Ressourcenaktivierung gefordert, sei es in Bezug auf die Disziplinen, in denen die Lehrenden wie die Lernenden stehen oder aber auf verschiedene Standpunkte bzw. unterschiedliches Vorwissen bezogen. Schon Le Boterf (2000) unterscheidet in seinem Kompetenzmodell die drei Dimensionen „savoir agir“, „vouloir agir“ und „pouvoir agir“, die Schubiger mit „Wissen“, „Wollen“ und „Können“ übersetzt.

Für das Kompetenzverständnis der Plattform hat die Autorenschaft verschiedene Modelle kombiniert und zu einem zusammengefügt (s. Abb. 2). Das Modell von Schubiger lässt sich durch seine Affinitäten zu anderen Kompetenztriaden auch in andere Modelle integrieren. Hier bieten sich Stufungen wie z.B. diejenige von Sterling (2001) an, wobei er mit „konformativ – reformativ – tranformativ“ die Intensität des Lernprozesses beschreibt.

Die Abbildung 2 zeigt die Verbindung des RITA-Würfels von Schubiger (2013) mit diesen Stufungen von Sterling (2001) und gleichzeitig auch mit den Wissensdimensionen bzw. –formen zu NE nach Pohl und Hirsch Hadorn (2006) und dient somit als primäres Kompetenzmodell für die Lernplattform.

Die Plattform «Brennpunkt Nachhaltigkeit» setzt die ersten drei Stufen des RITA-Modells von Schubiger (2013) um. Mit seiner Anlage will sie die Jugendlichen dazu motivieren, die Idee der NE präserter in ihre jetzige Lebenswelt und auch in ihre Zukunft zu bringen. Ob und wie die Schülerinnen und Schüler dies in ihrer Lebenswelt und später in ihrer beruflichen Laufbahn umsetzen, wird sich kaum oder erst viel später zeigen. Dies ist gleichzeitig die Herausforderung von NE. Denn die heutigen Jugendlichen sind gleichzeitig die Bürgerinnen und Bürger der nächsten Generation. Sie sollten also so gebildet und informiert werden, damit sie den gesamtgesellschaftlichen Such- und Lernprozess hin zu einer NE mitgestalten können und selber aktive "Change-Agents" (Herweg et al., 2016; Wilhelm et al., 2015) werden können.

Ein an das beschriebene Kompetenzmodell (s. Abb. 2) anschlussfähiges Lernaufgabenmodell ist der analytisch – erkenntnisorientierte Lernansatz (AEL) von Probst (2013), der gemäss der Autorenschaft dieses Artikels die Stufung von Le Boterf (2000) bzw. Schubiger (2013) aufnehmen kann (s. Abb. 3): Von den Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schülern ausgehend werden Hypothesen gebildet, diese weiterentwickelt und schliesslich transferfähig gemacht. Im Zentrum stehen hierbei vielfältige Lernaufgaben.

Probst (2013, S. 22) stützt sich auf Hasselhorn und Gold (2006) und führt aus: „Der analytisch-erkenntnisorientierte Lernansatz (AEL) geht von der konstruktivistischen Position aus, die den lernenden Menschen als zielgerichtet Handelnden auffasst, der aktiv nach Informationen sucht, diese mit seinem Vorwissen verknüpft und daraus neue Konzepte und Auffassungen über die Wirklichkeit ableitet.“

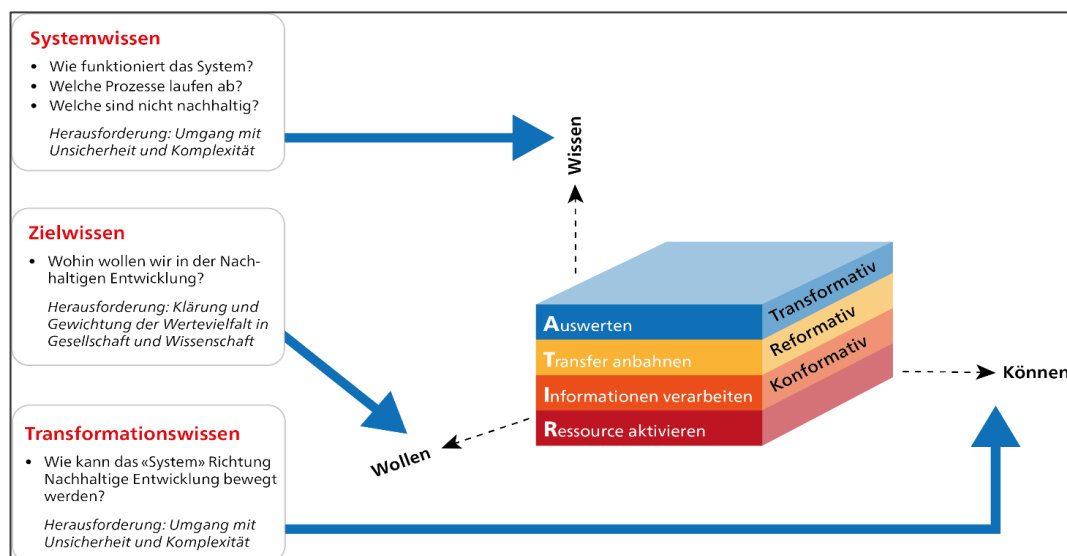


Abb. 2. Das Kompetenzmodell RITA von Schubiger (2013), kombiniert mit den Stufen von Sterling (2001) in Verbindung zu den Wissensformen von Pohl und Hirsch Hadorn (2006)

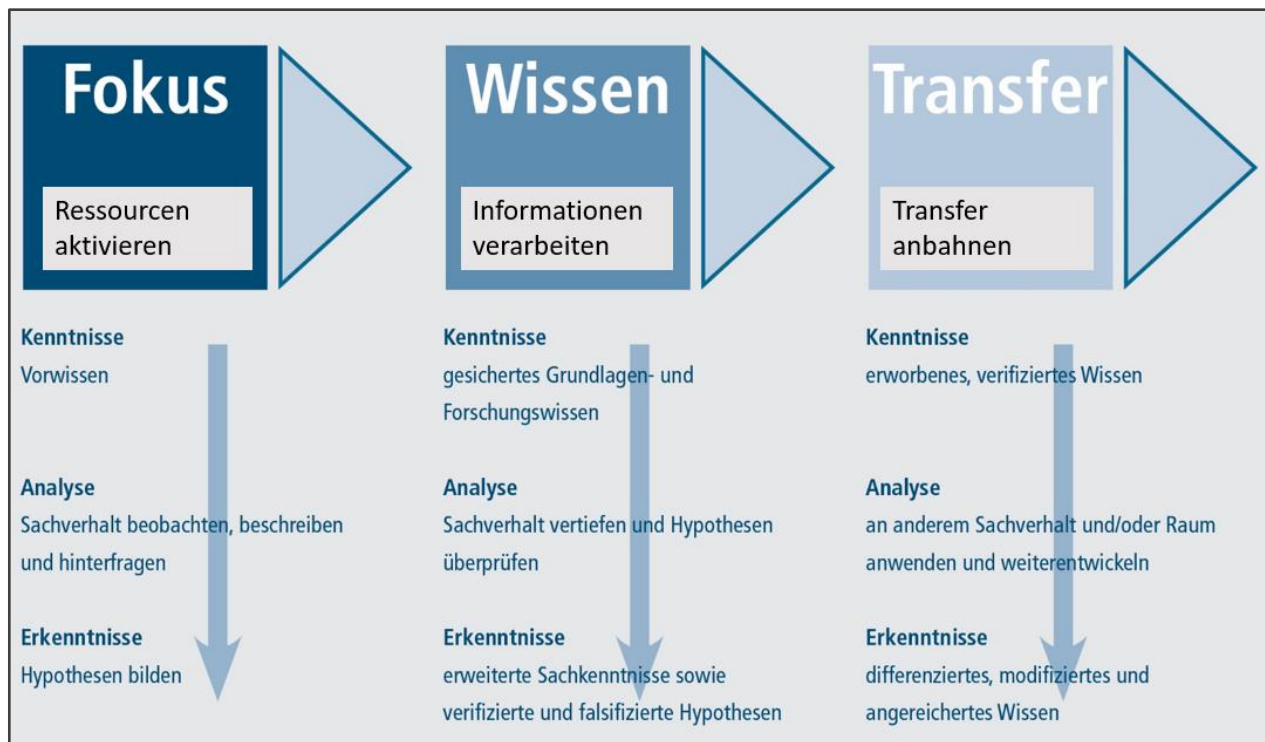


Abb. 3. Der analytisch – erkenntnisorientierte Lernansatz nach Probst (2013) als Lernaufgabenmodell, kombiniert mit den ersten drei Stufen des RITA-Modells nach Schubiger (2013)

4 EINBLICK IN DIE PLATTFORM UND METHODE:

Die Lernplattform «Brennpunkt Nachhaltigkeit» nimmt die Ziele für Nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen auf und ist mit einem praktikablen Nachhaltigkeitsmodell in Kombination mit anregenden Übungsaufgaben aufgebaut.

Im didaktischen Hintergrund stehen zudem nachhaltigkeitsrelevante Kompetenzen, angelehnt an die BNE-Kompetenzen von *éducation21* (*éducation21*, 2016) und ein passendes Lernaufgabenmodell zur Verfügung (s. Abb. 3). Die Schülerinnen und Schüler sowie ihre Lehrpersonen setzen sich mit unterschiedlichen Räumen und Themenkreisen mit Bezug zu Nachhaltiger Entwicklung (NE) auseinander. Die Lernplattform ist so angelegt, dass sie in möglichst viele Deutschschweizer Maturitätslehrpläne eingebettet werden kann. Trotz des geografiedidaktischen Fokus, sollen die Materialien im sogenannten Materialienpool (s. Anhang A) für andere Fächer zur Verfügung stehen. Die Lernplattform enthält eine Einstiegsseite zum Thema Nachhaltigkeit und führt die Schülerinnen und Schüler dann über sogenannte Lernpfade (s. Beispiel Anhang B) durch eine bestimmte Thematik. Diese Lernpfade enthalten Informationstexte, Lernmedien aller Art und Lernaufgaben. Durch unterschiedliche Niveaus und Dauer (moderat-kurz; moderat-lang; anspruchsvoll-kurz und anspruchsvoll-lang) ist die Individualisierung innerhalb der verschiedenen Lernpfade gewährleistet. Die Aufgaben sind je nach Thema unterschiedlich gestaltet (s. Aufgabenbeispiele Anhang C und D), nehmen aber die Idee der Hypothesenbildung aus dem

Lernaufgabenmodell des analytisch – erkenntnisorientierten Lernansatzes (s. Abb. 3) auf. Zudem ist jeder Aufgabe eine oder mehrere Nachhaltigkeitsdimensionen (Ökologie, Gesellschaft, Wirtschaft) zugeordnet. Die Lernenden können jederzeit ihren gespeicherten und persönlichen Lernstand überprüfen und so feststellen in welchen Dimensionen sie sich bereits wie sehr vertieft haben (s. Beispiel Anhang E).

Im Herbst und Winter 2018 wurde eine Betaversion der Plattform mit zwei Lernpfaden mit sieben Gymnasial-Klassen getestet. Die Pilotierung war folgendermassen strukturiert: Für jeden Lernfadentyp und jedes Lernfadenthema wurde je eine Testklasse gesucht, welche die Lernpfadeinheit über zwei bis sechs Doppellektionen testete. Dabei haben 137 Schülerinnen und Schüler teilgenommen, folgende Stufen sind im Sampling präsent: Gym1 (38 Personen), Gym2 (34 Personen) und Gym3 (65 Personen). Die Testklassen, welche die Plattform «Brennpunkt Nachhaltigkeit» in ihrem Unterricht erlebt haben, testeten die Plattform einerseits auf ihre Einsetzbarkeit und andererseits auch auf inhaltliche Aspekte.

Methodisch wurde die Testreihe durch drei Instrumente begleitet. Erstens erfolgte eine Evaluation mit einem quantitativen Fragebogen (s. Auszug davon im Anhang F) für alle Schülerinnen und Schüler. Zweitens wurden qualitative Leitfadenterviews mit den Lehrpersonen durchgeführt und als drittes Instrument diente die teilnehmende Beobachtung durch die Autorenschaft dieses Artikels. Diese wurden in folgenden vier Beobachtungsdimensionen stichwortartig festgehalten:

- Setting: Infrastruktur, Gruppenkonstellation, Freiheitsgrad Lernende, Rolle der Lehrperson, Lernenden-Aktivität
- Interaktionen: Zwischengespräche, gegenseitige Hilfe, Hilfestellungen durch Lehrperson, Ermahnungen der Lehrperson, Nachfragen bei der Lehrperson
- allgemeine Beobachtungen: Unterrichtsklima, Konzentration der Lernenden, Arbeitstempo, Motivation der Lernenden, Gefühle und Emotionen, digitales/halbdigitales/analoges Arbeiten
- freie Beobachtungen

Die aus allen Evaluationsinstrumenten gewonnenen Einsichten wurden anschliessend wieder in die Plattform integriert.

5 RESULTATE UND DISKUSSION: „BRENNPUNKT NACHHALTIGKEIT“: EINE PLATTFORM, DIE MEHR WILL

Sehr aufschlussreich sind die Resultate der Testklassen hinsichtlich der Nachhaltigkeitsthematik und des Umgangs mit Online-Lernplattformen. Die Untersuchung zeigt, dass offenbar die Digitalisierung in den Gymnasien noch nicht sehr weit fortgeschritten ist. Ein Drittel (33 %) der befragten Schülerinnen und Schüler haben bereits selbstständig im Internet auf einer Lernplattform wie «Brennpunkt Nachhaltigkeit» oder etwas Ähnlichem gearbeitet, hingegen zwei Drittel haben keine Erfahrung mit solchen oder ähnlichen Plattformen aus dem Schulunterricht. Dies zeigt deutlich, dass grundsätzlich die Digitalisierung im gymnasialen Unterricht noch nicht sehr weit Einzug gehalten hat, wobei gerade die aktuelle Situation mit der Umstellung auf «Distance Learning» wegen dem Corona-Virus einen Impuls geben könnte.

Weiter scheint grundsätzlich der Begriff der Nachhaltigen Entwicklung (NE) zwar bekannt zu sein (64%), aber die Einführung in die Lernplattform hat zur weiteren Klärung beigetragen. Dennoch hat ein Drittel (31%) die Idee der NE noch nicht gekannt, was ein deutliches Zeichen dafür ist, dass auf der Sekundarstufe II die Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) noch nicht flächendeckend angekommen ist. Zwei Drittel (61%) möchte mehr zu Themen im Bereich Nachhaltigkeit erfahren. Diese Themen sollen auf der Plattform erlebbar gemacht werden. Die Schülerinnen und Schüler lernen in den Lernpfaden unterschiedliche Themenfelder im Bereich von NE kennen und sind durch offene, selbstgesteuerte Lernaufgaben (s. Anhang C und D) gefordert. Denn die Lernpfade liefern keine pfannenfertigen Ja-Nein-Antworten, sondern regen die Lernenden zum Nach- und Selberdenken an. Dabei soll die Lernplattform als Tool zu transformativem Lernen beitragen, wo die Schülerinnen und Schüler sich mit ihren eigenen Werten und Normen auseinandersetzen und reflektieren.

Die Evaluation zeigt weiter, wie die Lernenden eine Übersicht auf der Plattform gewinnen konnten, wie sich dabei zurechtfinden und wie sie die Logik wahrnahmen.

Bei diesen drei Variablen (Übersicht, Zurechtfinden, Logik) zeigten mindestens 80% der Lernenden eine positive Reaktion. Die Motivation für die Arbeit mit der Plattform war mit 61% im positiven Bereich, wobei bei 29% die Gestaltung der Plattform eher kleinere Motivation und bei 10% gar keine Motivation auslöste. Insgesamt kann somit gesagt werden, dass die Plattform den Schülerinnen und Schüler eine gute Orientierung bot, jedoch nicht alle gleich angesprochen hat. Durch die Heterogenität der Klassen und die damit verbundenen, unterschiedlichen Interessen der Lernenden konnten die Lernaufgaben der Plattform nicht alle Schülerinnen und Schüler gleich motivieren.

Die beiden Lernpfade sind durch die Thematik aber auch durch ihre Anlage unterschiedlich. Der eine befasst sich mit der Wasserproblematik in Kenia und ist reich an verschiedensten Materialien (Bilder, Filme, Karten, interaktiver Atlas etc.), der andere hat das Thema Landschaftsbegriff und Landschaftsleistungen sowie Landschaftsschutz im Zentrum und arbeitet vor allem mit Bildern, wissenschaftlichen Texten (je nach Niveau angepasst oder im Original) und mit interaktiven Anwendungen wie dem Geoportal des Bundes (Karten, Luftbilder usw.). Dies soll den Lehrpersonen ermöglichen denjenigen Lernpfad zu wählen, der für die Klasse geeigneter ist (z.B. mehr individuelles Arbeiten, mehr Gruppenarbeiten) und ihren Fokus für den Unterricht aufnehmen.

Aus der Evaluation konnten im Weiteren folgende Einsichten gewonnen werden: Grundsätzlich ist das abstraktere, eher technische Thema „Landschaft“ mit nicht vereinfachten oder wissenschaftlichen Texten weniger attraktiv, während das Thema „Wasser Kenia“, das mit Filmen und Bildern eine exotische Welt nahe bringt, die Schülerinnen und Schüler dieser Altersstufe mehr anspricht. Offen bleibt, ob die Resultate auch bei Schülerinnen und Schülern des Ergänzungsfaches (Gym3 und Gym4) ähnlich ausgefallen wären.

Die Interviews mit den Lehrpersonen haben gezeigt, dass sich in einigen Gymnasien der Trend in Richtung «bring your own device» entwickelt und sich damit auch die Lehrpersonen Gedanken darüber machen wie die «Schule von morgen» aussehen wird. Die Interviews verdeutlichten, dass die Schülerinnen und Schüler oft selbstlernend unterwegs sind und die Lehrerschaft zunehmend die Rolle des Coaches einnimmt. Die Lehrpersonen nahmen jedoch ihre zentrale Rolle wahr um die Klasse, trotz Einsatz einer digitalen Lernplattform, mit einem roten Faden zu leiten. Die Lehrpersonen brauchten Zeit, sich in die Plattform einzuarbeiten, indem sie die Struktur kennenlernten, das «Drehbuch» studierten, Filme betrachteten und ihre eigenen Notizen machten.

Die teilnehmende Beobachtung der Autorenschaft im Schulzimmer hat ebenfalls verdeutlicht, dass die Plattform kein Selbstläufer ist, sondern intensive Vorarbeit und Moderation bei der Durchführung durch die Lehrperson erfordert. Es wurde beobachtet, dass Schülerinnen und Schüler, welche wenig Führung durch die Lehrperson hatten, leicht abgelenkt wurden und das Ablenkungspotenzial durch die Arbeit mit einem digitalen Medium verstärkt werden kann. Die zentrale

Rolle der Lehrperson beim Einsatz der digitalen Lernplattform wurde deutlich sichtbar.

Die Autorenschaft kommt zum Schluss, dass sich auf der Sekundarstufe II das klassische Drei-Kreise-Modell zu NE mit Schnittmengen eignet und dieses auch im Design der Plattform «Brennpunkt Nachhaltigkeit» eingesetzt werden kann, sichtbar wird dies bei der Funktion «Lernfortschritt speichern» (s. Anhang E). Die theoretische Analysearbeit zeigte, dass der Grundstein der Lernaufgaben in den Lernpfaden auf der Plattform sinnvollerweise mit den ersten drei Stufen des RITA-Modells von Schubiger (2013) gelegt werden kann, welches sich ebenfalls mit anderen Modellen kombinieren lässt (s. Abb. 2 und Abb. 3). Die Evaluationsinstrumente des Projektes weisen darauf hin, dass sich die Lernenden mehrheitlich gut geführt durch die Plattform bewegten und ein Grossteil von ihnen dabei motiviert war. Die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit digitalen Medien sind heterogen und die Thematik von Nachhaltiger Entwicklung zählt noch nicht zum Basiswissen auf der Sekundarstufe II. Hiermit wird ein klarer Bedarf für mehr Forschung über BNE auf dieser Stufe und insbesondere an Gymnasien sichtbar, um damit die Anstrengungen vieler Schweizer Kantone, Schulen und auch in der Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern an Pädagogischen Hochschulen im Bereich BNE effektiver zu gestalten.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR UMSETZUNG IM KLASSENZIMMER

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Lernplattform viele Chancen bietet, aber auch einige Gefahren birgt. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten bei «Brennpunkt Nachhaltigkeit» in ihrem eignen Lerntempo und vertiefen in gewissen Lernschritten die Inhalte nach eigenem Interesse. Eine Lernplattform dieser Art macht anregende Online-Inhalte gebündelt zugänglich und bindet diese in sinnvolle Lernaufgaben ein. Arbeitet die Schülerschaft selbständig an ihren Computern, so besteht jedoch die Gefahr, dass sie sich im Internet verlieren und ganz andere Inhalte nachspüren als die Plattform vorgibt. Dies kann verstärkt werden, wenn die Lehrperson sich nicht aktiv als Coach einbringt und die Lernplattform mit einem Selbstlern-Tool verwechselt. Denn «Brennpunkt Nachhaltigkeit» ist so gestaltet, dass die Lehrperson mitgestaltet und einige Sequenzen (offline) zwischen den Online-Aufgaben selber in die Hand nimmt. Die Plattform bietet den Lehrpersonen Grundlagen, an die sie im herkömmlichen Unterricht anknüpfen oder diese vertiefen können. Wie weit die Plattform zur Umsetzung der internationalen Ziele für Nachhaltige Entwicklung (SDGs) und somit zur Transformation einer Gesellschaft in Richtung Nachhaltiger Entwicklung beiträgt, hängt stark vom Engagement der Lernenden und dem aktiven Einbringen einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung durch die Lehrpersonen ab. Dass eine Online-Plattform die Ausstattung der Klassenzimmer mit Computern zusätzlich vorantreibt und somit zu gewissen ökologischen Schäden und sozialen Ungleichheiten,

beispielsweise durch unfaire Herstellung der Computer, beiträgt, ist die Kehrseite der Münze.

LITERATURVERZEICHNIS

Applis, S. (2012). *Wertorientierter Geographieunterricht im Kontext Globales Lernen. Theoretische Fundierung und empirische Untersuchung mit Hilfe der dokumentarischen Methode. Geographiedidaktische Forschungen*. Band 51. Weingarten: Selbstverlag des Hochschulverbandes für Geographie und ihre Didaktik e.V. (HGD).

BIFIE (Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung) des österreichischen Schulwesens. Kompetenzmodelle und Bildungsstandards. URL: <https://www.bifie.at/kompetenzmodell-e-und-bildungsstandards/> [7.02.2020].

bbp (Bundeszentrale für politische Bildung) (2011). Beutelsbacher Konsens [1976]. URL: <https://www.bpb.de/die-bpb/51310/beutelsbacher-konsens> [6.03.2020].

éducation21 (2016). BNE Kompetenzen. URL: <https://www.education21.ch/de/bne-kompetenzen> [5.06.2020].

Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (Hrsg.) (2016). *Lehrplan 21. Grundlagen*. Luzern: D-EDK.

Deutsche UNESCO-Kommission (2017). *Bildungsagenda 2030 Aktionsrahmen für die Umsetzung von Sustainable Development Goal 4. Inklusive, chancengerechte und hochwertige Bildung sowie lebenslanges Lernen für alle. Kurzfassung der Deutschen UNESCO-Kommission*. Bonn: Deutsche UNESCO-Kommission.

Egli, H. R., Hasler, M. & Probst, M. (Hrsg.) (2019). *Geografie. Wissen und verstehen. Ein Handbuch für die Sekundarstufe II*. Bern: hep.

Euler, D. & Hahn, A. (2004). *Wirtschaftsdidaktik*. Bern: Haupt.

Förster, R., Zimmermann, A. B. & Mader, C. (2019). Transformative teaching in Higher Education for Sustainable Development: facing the challenges. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 28(3), 324–326. doi:10.14512/gaia.28.3.18

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2006). *Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren*. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.

Hattie, J. (2014). *Lernen sichtbar machen*. Baltmannsweiler: Schneider.

Herweg, K., Zimmermann, A. B., Lundsgaard Hansen, L., Tribelhorn, T., Hammer, T., Tanner, R. P., Trechsel, L. J. et al., (2017). *Integrating sustainable development into higher education—Guidelines with in-depth modules for the university of Bern. Foundations*. Bern: University of Bern and Bern Open Publishing (BOP).

Kläy, A., Zimmermann, A. B. & Schneider, F. (2015). Rethinking science for sustainable development: Reflexive interaction for a paradigm transformation. *Futures*, 65, 72–85. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2014.10.012>

Kuntsman, A. & Rattle, I. (2019). Towards a Paradigmatic Shift in Sustainability Studies: A Systematic Review of Peer Reviewed Literature and Future Agenda Setting to Consider Environmental (Un)sustainability of Digital Communication. *Environmental Communication*, 13(5), 567–581. doi:10.1080/17524032.2019.1596144

Le Boterf, G. (2000). *Construire les compétences individuelles et collectives. Agir et réussir avec compétence*. Paris: Eyrolles.

Messerli, P., Kim, E. M., Lutz, W., Moatti, J.-P., Richardson, K., Saidam, M., . . . Furman, E. (2019). Expansion of sustainability science needed for the SDGs. *Nature Sustainability*, 2(10), 892–894. doi:10.1038/s41893-019-0394-z

Pohl, C. & Hirsch Hadorn, G. (2006). *Gestaltungsprinzipien für die transdisziplinäre Forschung*. München: oekom.

Probst, M. (2013). Risiken aus Naturgefahren im Alpenraum analysieren. Von Kenntnissen zu Erkenntnissen im Raum. *Geographie und Schule. Fachliche Grundlagen. Unterrichtspraxis Sekundarstufe 1 & 2*, 204(34. Jahrgang), 17–28.

Rosa, L. (2018). Aufbruch in ein Zeitalter des Lernens. URL:<https://schulendigital.ch/2018/08/14/aufbruch-in-ein-zeitalter-des-lernens/> [23.02.2020].

Schneider, F., Kläy, A., Zimmermann, A. B., Buser, T., Ingalls, M. & Messerli, P. (2019). How can science support the 2030 Agenda for Sustainable Development? Four tasks to tackle the normative dimension of sustainability. *Sustainability Science*. doi:10.1007/s11625-019-00675-y

Schubiger, A. (2013). *Lehren und Lernen*. Bern, Schweiz: hep.

Schweizerischer Bundesrat (2016). *Strategie Nachhaltige Entwicklung 2016-2019*. Bern.

Seele, P. & Lock, I. (2017). The game-changing potential of digitalization for sustainability: possibilities, perils, and pathways. *Sustainability Science*, 12(2), 183–185. doi:10.1007/s11625-017-0426-4

Singer-Brodowski, M. (2016). Transformative Bildung durch transformatives Lernen. Zur Notwendigkeit der erziehungswissenschaftlichen Fundierung einer neuen Idee. *Zeitschrift für Internationale Bildungsforschung und Entwicklungs-pädagogik*, 39(1), 13–17. Sterling, S. (2001). *Sustainable Education: Re-visioning Learning and Change*. Bristol: Green Books for the Schumacher Society.

Tanner, R. P. (2015). Nachhaltigkeit und Kulturlandschaft in Raum und Zeit in der Bildung. In: J.-E. Steinkrüger & W. Schenk (Hrsg.), *Zwischen Geschichte und Geographie, zwischen Raum und Zeit*. Berlin: LIT Verlag. 153–167.

United Nations (2019). *The future is now—Science for achieving sustainable development*. Global Sustainable Development Report. New York: United Nations—Department of Economic and Social Affairs.

Wilhelm, S., Förster, R., Nagel, U., Wülser, G. & Zingerli, C. (2015). Zukunft gestalten: Nachhaltigkeitskompetenzen in der Hochschulbildung. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(1), 70–72. doi:10.14512/gaia.24.1.16

Wilhelm Hamiti, S. & Wydler, H. (2014). Supporting the integration of sustainability into Higher Education Curricula—A case study from Switzerland. *Sustainability*, 6(6), 3291–3300. doi:10.3390/su606329

ANHANG

Anhang A-F separat auf der Website zugänglich.

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

RESEARCHED BASED REPORT OF PRACTICE

IMMERSIVE VIRTUELLE REALITÄT MIT VR-BRILLEN IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT: POTENTIALE UND HERAUSFORDERUNGEN

Rolf Bürki¹, Josef Buchner²

¹Pädagogische Hochschule St.Gallen, rolf.buerki@phsg.ch

²Universität Duisburg-Essen, josef.buchner@uni-due.de

ABSTRACT

Obwohl Lernumgebungen mit Virtueller Realität (VR) in vielen Bereichen gewinnbringend eingesetzt werden, stehen entsprechende Anwendungen in der Schule noch in den Anfängen. Der Beitrag zeigt keine eigenen Forschungsergebnisse, sondern versteht sich als Grundlage und Anstoss für den Einsatz von VR im Geographieunterricht. Er stellt die Frage, inwiefern Anwendungen mit VR-Brillen mit einem Mehrwert eingesetzt werden können. Wie bei allen analogen und digitalen Medien darf VR nicht zu einer Herabsetzung der Realbegegnung und des ausser-schulischen Lernens führen, sondern zu einer Ergänzung und Bereicherung. Erste praktische Anwendungen zeigen, dass dies gelingen kann. Es bedarf aber noch grosser Anstrengungen, insbesondere in der didaktischen Aufbereitung und Umsetzung von VR-Anwendungen.

Keywords: Virtuelle Realität (VR), Geographieunterricht, Immersion, Presence

Received: April 2020. **Accepted:** August 2020.

1 EINLEITUNG

Wer zum ersten Mal mit einer VR-Brille in die virtuelle Welt eintaucht, kennt das unglaublich realistische, immersive Gefühl und erlebt einen starken „Wow-Effekt“. Auch wenn die Prognosen über den Verkauf von VR-Brillen und VR-Apps bisher nicht erfüllt wurden, steigt ihr Einsatz nicht nur im Spiele- und Medienbereich, in der Industrie oder im Tourismus, sondern auch in der Bildung stark an (z.B. Maas & Hughes, 2020). Verkaufsgesprächs-Übungen, Medizinisches Operationstraining, Pilotenschulung oder die Ausbildung von Lackierern sind nur wenige Beispiele. VR-Anwendungen finden aber nur zögerlich Eingang in die Schulen.

Gerade das Fach Geographie bietet dank der Raumorientierung einen fruchtbaren Boden für Betrachtungen mit VR-Brillen. Wenn ein Gletscher, eine islamische Stadt oder das Mesozoikum nicht real erlebt werden können, ermöglicht VR (z.B. mit google earthVR oder google expeditions) Lernumgebungen mit intensiven Erlebnissen – mit der Gefahr einer oberflächlichen Betrachtung.

In diesem Beitrag wird zunächst Virtual Reality definiert und von anderen Technologien abgegrenzt. Im Anschluss werden die Möglichkeiten von VR für das

Lehren und Lernen skizziert, um daran anknüpfend Ideen für den Geographieunterricht aufzuzeigen. Hinweise zur Anwendung von Lernstrategien und didaktischen Modellen für den VR-Einsatz runden den Beitrag ab.

2 VIRTUELLE REALITÄT

Der Begriff Virtual Reality bzw. Virtuelle Realität (VR) lässt sich zurückführen auf Jaron Lanier, der bereits in den 80er Jahren erste VR-Brillen entwarf und damit in selbst programmierte virtuelle Welten eintauchte. Schon damals konnten er und sein Team digitale Objekte mithilfe eines speziellen Handschuhs in der Virtualität bewegen und modellieren (Virtual Reality Society, 2017). Die Basis für diese Technologie stammt von Ivan Sutherland, der mit dem Sword of Damocles die erste bekannte VR-Brille konstruierte (Sutherland, 1968). Heute verstehen wir unter VR eine gänzlich computergenerierte Welt, die möglichst viele Sinne anspricht, interaktiv ist und als Simulation der Realität wahrgenommen wird (Burdea & Coiffet, 2003; Dörner et al., 2019; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Damit unterscheidet sich VR auch von den Technologien Augmented Reality (AR) und Augmented Virtuality (AV), die entsprechend dem Realitäts-Virtualitäts-



Kontinuum (Abb. 1) als Mixed Reality, also eine Vermischung aus realer und computergenerierter Welt, eingestuft werden (Milgram & Kishino, 1994).

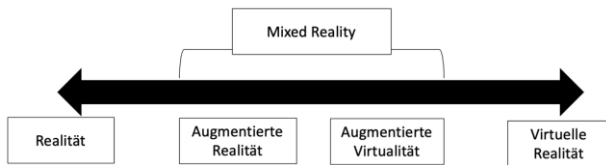


Abb. 1. Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum verändert nach Milgram & Kishino, 1994.

Auch im Bereich der VR lassen sich unterschiedliche Formen differenzieren. Relativ weit verbreitet sind bereits nicht-immersive VR-Anwendungen. In diese Kategorie fallen desktop-basierte Anwendungen, z.B. Computerspiele oder Simulationen wie Second Life, die über klassische Eingabegeräte bedient werden (Lee & Wong, 2014). Anders verhält es sich bei immersiven VR-Welten, die erst über zusätzliche Geräte wie VR-Brillen zugänglich werden. Zentrale Merkmale solcher Umgebungen sind erstens die Immersion und zweitens das Gefühl der Presence (Sanchez-Vives & Slater, 2005; Slater & Wilbur, 1997). Das Immersionserleben entsteht, wenn technische Voraussetzungen dafür geschaffen werden. Diese Voraussetzungen betreffen das Bewegen in der virtuellen Welt, also das Bewegen des Kopfes verändert auch die dargestellte digitale Szene, sowie die Realitätsnähe der Darstellung hinsichtlich Farben, Auflösung und Handlungsmöglichkeiten. Wird die Immersion entsprechend stark erlebt, kann das Gefühl der Presence entstehen. Presence ist ein multidimensionales psychologisches Konstrukt und sorgt schlussendlich dafür, dass Menschen in der VR so handeln wie sie dies auch in der Realität tun würden (z.B. Slater et al., 2006). Der Presence-Begriff wird vorrangig in der psychotherapeutischen VR-Forschungsliteratur verwendet, wohingegen Immersion stärker in der pädagogisch-psychologischen Forschungsgemeinschaft diskutiert wird. Aktuell wird im Kontext von Lehren und Lernen unter «to be immersed», das Gefühl verstanden, emotional, mental und physisch einen gegebenen Kontext wahrzunehmen und in diesen förmlich einzutauchen. Das sorgt dafür, dass Lernende hoch konzentriert mit den Lerninhalten interagieren, ähnlich wie beim Erleben von Flow (Cziksentmihalyi, 1991; Georgiou & Kyza, 2017).

Für den Unterricht sind solche Begriffs-differenzierungen im Hintergrund wichtig, führen jedoch in der praktischen Anwendung eher zu Verwirrungen. Für den folgenden Beitrag vereinfachen wir deshalb den Begriff auf den Kern in den Unterrichtsbeispielen, nämlich den Einsatz von VR-Brillen. Eine VR-Anwendung meint deshalb im Folgenden eine digital generierte Welt, die immersiv mit VR-Brillen erlebt wird. Die generierte Welt kann demnach aus 360°-Bildern oder «VR» bestehen und umfasst den realen sowie imaginären Raum. Das Spektrum der VR-Brillen reicht von einfachen google-cardboards bis zu Highend-Produkten wie zum Beispiel oculus-rift. Augmented und mixed Reality-

Anwendungen, unabhängig der Hardware, werden nicht thematisiert.

3 LERNEN MIT VR

Die Möglichkeit, authentische Darstellungen in der VR zu realisieren, verleitet zunächst zur Annahme, dass diese Visualisierungen Lernen initiieren. Wie für jedes andere Medium gilt jedoch auch für VR, dass didaktische Überlegungen und Lernaktivitäten entscheidend sind (Kerres, 2018; Kerres & Witt, 2003). Für VR-Lernwelten bieten sich nach Schwan & Buder (2002, 2006) sowie Dede (2009) folgende lernerbezogenen Handlungsmöglichkeiten an:

1. Explorationswelten: Sie zielen auf die Vermittlung deklarativen Wissens ab, ermöglichen den Lernenden sich selbstständig und forschend-entdeckend mit virtuellen Umwelten auseinanderzusetzen. Verknüpft mit aktivierenden Lernaufgaben, etwa dem Anfertigen von Mind-Maps, können solche Welten sehr effektiv beim Aufbau neuer Wissensstrukturen sein (Parong & Mayer, 2018).

2. Experimentalwelten: In solchen lassen sich die physikalischen Gesetze außer Kraft setzen und kausale Zusammenhänge überprüfen. Mit der Anwendung Nanome (<https://nanome.ai/nanome/>) steht eine solche Experimentalwelt für das Fach Chemie bereits zur Verfügung.

3. Trainingswelten: Lernende üben und trainieren hier Fähigkeiten und Fertigkeiten, die in realen Umgebungen nicht durchgeführt werden können, z.B. weil zu gefährlich, teuer oder gar nicht realisierbar. Solche Welten kommen bereits häufig in der beruflichen Bildung zum Einsatz, etwa in der Automobilbranche oder der Ausbildung von angehenden Lackiererinnen und Lackierern (Zender et al., 2019).

4. Konstruktionswelten: In ihnen können Lernende eigene Objekte oder gar ganze virtuelle Welten eigenständig anfertigen. Sie kommen im Bildungsbereich noch selten zum Einsatz, auch weil sie technisch besonders anspruchsvoll in der Herstellung sind (z.B. Radianti et al., 2020). Niederschwellige Angebote, die auch für Schulen leistbar sind, wären CoSpaces Edu, MinecraftVR oder HoloBuilder. Wössner (2019) hat diese Anwendungen bereits im Fremdsprachenunterricht eingesetzt und gemeinsam mit Schülerinnen und Schülern personalisierte, virtuelle Welten konstruiert.

Zusammenfassend zeigt sich, dass Lernen mit VR motiviert, Spass und Abwechslung bringt. Insbesondere bei aktiver Teilhabe und Interaktionen mit der virtuellen Welt zeigen verschiedene Studien bessere kognitive Erfahrungen und wachsende Lerneffekte mit VR (Freina & Ott, 2015; Jensen & Konradsen, 2018; Krokos et al., 2018; Maas & Hughes, 2020). Dies erscheint insofern plausibel, da das Lernen stärker emotional und immersiv erfolgt und damit die Inhalte eine zusätzliche Relevanz erfahren. Allerdings bleiben kritische Vorbehalte; es fehlen insbesondere Langzeitstudien und gross angelegte Forschungsprojekte (Radianti et al., 2020).

4 VR IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

Die Geographie kennt seit langem den Einsatz virtueller Darstellungen im Unterricht. Im Entferntesten können sogar Karten als virtuelle Formen der Realität angesehen werden. Bereits in den 80er und 90er Jahren wurden an Gymnasien 3D-Luftbildanalysen mit Stereoskopen gemacht. Später folgten "quasi 3D"-Anwendungen in Fernerkundung und GIS (Mikropoulos et al., 1997; Stojšić et al., 2016). Viele didaktische, methodische und philosophisch-ethische Fragen zu Realität & Virtualität sind deshalb nicht oder zumindest kaum neu. Sie stellen sich genauso beim Einsatz anderer, auch älterer und bewährter Medien (Tab. 1). Die entsprechenden didaktisch-methodischen Grundsätze sollen hier nicht wiederholt werden (vgl. Dickel & Jahnke, 2012).

Tab. 1. Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum im Geographieunterricht und im Alltag

	Geographieunterricht	Alltag
Realität	ausserschulische Lernorte	Fussballplatz
Modelle	Tellurium	Legó
Bilder	Satellitenbilder	Instagram
Filme	Lehrfilme	Youtube
Augmented Reality	peakfinder	Pokemon go
VR im realen Raum	Google street view VR	VR-Werbung: Tourismusziele
VR im imaginären Raum	VR-Landschaft in der Jurazeit	VR-Gaming: Star Wars

Die Forderung nach Digitalisierung im Unterricht ist gross und hat mit der Corona-Krise eine neue Dimension erreicht. Der Geographieunterricht ist traditionell eng mit Digitalisierung verknüpft, am sichtbarsten bei der Arbeit mit Geomedien und GIS. Allerdings werden VR-Brillen selten im Geographieunterricht eingesetzt. Das erstaunt insofern nicht, da VR als potentielle Bildungstechnologie noch ein so junges Medium ist, das erst einmal im Studium oder in Weiterbildungen bedeutsamer werden müsste (Radianti et al., 2020, p. 22). Zudem haben viele Lehrpersonen im schulischen und privaten Bereich zu VR kaum Berührungspunkte, z.B. im Gaming (Hellriegel & Čubela, 2018). Dies zeigt auch die Studie über Lehrmittel in einer digitalen Welt von Döbeli u.a. (2018), die VR-Anwendungen nicht thematisiert. Sogar im fachlichen (Gebhardt et al., 2020) und fachdidaktischen (Reinfried et al., 2018) Standardwerk zur Geographie bleibt VR unerwähnt.

4.1 Unterrichtsbeispiele

Am naheliegendsten für den Geographieunterricht sind zwei Anwendungen, auf die hier kurz eingegangen wird: VR-Betrachtungen ausserschulischer Lernorte und Anwendungen mit google earth bzw. street view. Wobei die beiden Anwendungen sich zu einem gewissen Grad überlagern und teilweise sogar austauschbar sind.

VR-Filme oder VR-Simulationen dienen als Anschauungsmaterial von Orten, die nicht real besucht werden. Insofern ist der Einsatz von VR eine immersive Ergänzung zu bestehenden Medien, wie Fotos, Filmen oder Internetseiten. Dies können in einem ersten Schritt einseitige Betrachtungen sein, wie 360°-Filme (z.B. von National Geographic) oder 3D-Simulationen (z.B. Sternatlas). In einem zweiten Schritt sind es interaktive Formen, entweder mit dem Inhalt selbst (z.B. anklickbare Zusatzinformationen/Avatar wie z.B. auf einer virtuellen Grubenfahrt in eine Kohlezeche) oder mit anderen Schülern oder der Lehrperson (z.B. mit google expeditions). Nebst dem spezifischen Schulbereich ergänzen immer mehr kommerzielle und staatliche Einrichtungen, wie z.B. Museen, Sehenswürdigkeiten oder Tourismusdestinationen, ihre traditionelle Informations-Angebotspalette mit VR-Anwendungen. Einige solcher geographisch ausgerichteten VR-Anwendungsmöglichkeiten werden bereits im Geographieunterricht eingesetzt und sind z.T. prämiert (z.B. Stein 2019) und auf den Mehrwert untersucht worden (z.B. Jitmahantakul & Chenrai, 2019; Minocha, 2018).

Google earth bzw. google street view werden schon lange sinnvoll im Geographieunterricht eingesetzt, kaum aber deren VR-Anwendungen. Gerade google street view VR benötigt bloss das eigene Smartphone der Lernenden und günstige cardboard. So kann in einem einfachen Unterrichtsbeispiel die räumliche Vorstellung an einem Standort anhand einer Karte mit der «realen» Sicht mittels VR-street view (oder eines eingefügten 360°Bildes) verglichen werden. Leider zeigt sich aber gerade an einem solchen Beispiel, dass man vor technischen Problemen nicht gefeit ist; google street view-VR funktioniert derzeit nicht mit allen Smartphones. Google earth läuft bislang nicht auf einfachen cardboard oder auch günstigeren VR-Brillen wie oculus go, sondern es braucht eine teure Brille mit leistungsfähigem Computer, insbesondere schneller Grafikkarte. Im schulischen Einsatz kann google earth-VR deshalb realistischerweise nicht im Klassenverbund eingesetzt werden, sondern nur als eine Lernstation. Wer es einmal benutzt, wird jedoch vom Erlebnis begeistert sein, und zwar Schüler und Schülerinnen als auch Lehrpersonen.

4.2 Vor- und Nachteile

Es liegt auf der Hand, dass der Einsatz von VR Vor- und Nachteile bringt, die zum Teil offensichtlich sind und hier nicht alle thematisiert werden sollen, z.B. die Infrastruktur- und Kostenfrage oder die kritische Abhängigkeit von Technologie-Grosskonzernen. Der grösste Vorteil von VR in der Schule liegt in der Immersion und den damit verbundenen positiven affektiven und motivationalen Empfindungen, welche sich positiv auf das Lernen auswirken können (Wong & Adesope, 2020). Gerade für den Geographieunterricht (und natürlich je nach Anwendung auch in anderen Fächern) sind drei weitere Vorteile wichtig. Erstens spielt sich VR immer in einem Raum ab, egal ob real, virtuell oder imaginär. Zweitens wird das "Unerfahrbare" für Schüler und Schülerinnen mit VR erfahrbar, so ermöglicht VR die Betrachtung von geographischen Orten, die ausserschulisch kaum (z.B. Vulkanaktivität auf

dem Stromboli) oder gar nicht (z.B. Dinosaurier im Mesozoikum) betrachtet werden können. Drittens löst ein VR-Erlebnis Empathie aus, welche in einem handlungsorientierten Unterricht gewinnbringend genutzt werden kann (vgl. Fell 2020).

Wie alle (digitalen) Medien, bringt auch der Einsatz von VR per se keinen Mehrwert. Gerade die Motivation kann sehr schnell in demotiviertes "Spielen" kippen. Erst mit guten pädagogischen Szenarien wird VR zu einem sinnvollen Medium. Gerade hier klafft jedoch eine grosse Lücke von VR-Lernumgebungen ausserhalb der Schule und den Angeboten im Geographieunterricht. Zwar liegen viele VR-Filme, Animationen, Simulationen und Apps auch für den Geographieunterricht vor, jedoch fast immer ohne entsprechende Konzepte mit Zusatzmaterialien, Lernaufgaben, Interaktionsmöglichkeiten usw. Natürlich lässt sich sagen, das sei Aufgabe des Lehrers und der Lehrerin. Doch es muss nicht nur von Lehrerseite, sondern auch von Lehrmittelverlagen, geographiedidaktischen Zeitschriften und in fachdidaktischen Entwicklungsprojekten angepackt werden.

5 FAZIT

VR ist im Trend, eine technologische Revolution und grundsätzlich ein sinnvolles Medium. Es spielt überhaupt keine Rolle, ob VR längerfristig zu einem Megatrend wird. Es lohnt sich auf jeden Fall, VR jetzt einzusetzen. Gerade mit günstigen cardboarden können ohne grossen Aufwand gute Lernergebnisse erzielt werden. Wie bei allen Medien kann aber auch VR in sinnlose Spielerei kippen. Wie immer gilt der triviale Grundsatz für alle Medien im Unterricht: Das Lernen wird mit VR besser, wenn es gut gemacht wird. Orientieren können sich Lehrende dabei an good practice Beispielen wie bei Buchner & Aretz (2020), Lernstrategien, die im Rahmen von Medieneinsatz zu Lerneffektivität beitragen können (z.B. Generative-Learning-Theory; Fiorella & Mayer, 2016) sowie didaktischen Modellen wie dem 3C-Modell (Kerres & Witt, 2003): Technologieunterstützte Lernumgebungen sollen demnach stets den Content (die Inhalte) im Blick haben, zusammen mit kommunikativen Elementen (Communication) sowie Lernaufgaben und -aktivitäten (Constructive) für die Schülerinnen und Schüler anbieten.

Die Zukunft von VR lässt sich schwer abschätzen. Bereits heute sind Erweiterungen im Bereich der immersiven virtuellen Realität möglich, die noch vor kurzer Zeit nicht vorstellbar waren oder höchstens in Science Fiction Filmen, z.B. Anwendungen mit einem haptisch-gefühlsechten Anzug oder der Ersatz des Lehrers, der Gesprächspartnerin oder von Kunden mit einem Avatar in einer virtuellen Interaktion. Die junge „VR-Szene“ spricht oft von «We Change The World» und hebt das grosse Potential von VR hervor. Abseits der grundsätzlichen „Verweigerern“ einer Digitalisierung des Lernens wird jedoch kaum konstruktiv-kritisch über die Chancen, Grenzen und Gefahren nachgedacht, geforscht und an Lernkonzepten mit VR gearbeitet. Dies sollte insbesondere auch unsere Aufgabe an den (Pädagogischen) Hochschulen sein.

LITERATURVERZEICHNIS

Buchner, J. & Aretz, D. (2020). Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>

Burdea, G. C. & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology* (2nd Edition). Wiley-IEEE Press. <https://books.google.de/books?id=0xWgPZbcz4AC>

Cziksentmihalyi, M. (1991). *Flow – The Psychology of optimal experience*. New York: Harper Collins Publishers.

Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(5910), 66–69.

Dickel, M. & Jahnke, H. (2012): Realität und Virtualität. In: Haversath, J.-B. (ed.): *Geographiedidaktik*. 236–248

Döbeli, B. et al. (2018): *Lehrmittel in einer digitalen Welt*. Ilz.

Dörner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P. & Göbel, M. (2019). Einführung in Virtual und Augmented Reality. In R. Dörner et al. (Eds.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2. Auflage, pp. 1–42). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>

Fell, T. (2020). www.torstenfell.com

Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>

Freina, L. & Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. *E-Learning and Software Education (ELSE)*, 7, 273–279. <https://doi.org/10.1007/BF00398472>

Gebhardt, H. et al. (2020): *Geographie*. Berlin: Springer.

Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2017). The development and validation of the ARI questionnaire: An instrument for measuring immersion in location-based augmented reality settings. *International Journal of Human-Computer Studies*, 98, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.09.014>

Hellriegel, J., & Čubela, D. (2018). Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht—Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>

Jensen, L. & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>

- Jitmahantakul, S. & Chenrai, P. (2019): Applying Virtual Reality Technology to Geoscience Classrooms. *Rigeo*, 9(3), 577–590.
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote* (5. Auflage). De Gruyter Oldenbourg Verlag.
- Kerres, M., & Witt, C. D. (2003). A Didactical Framework for the Design of Blended Learning Arrangements. *Journal of Educational Media*, 28(2–3), 101–113. <https://doi.org/10.1080/1358165032000165653>
- Krokos, E., Plaisant, C. & Varshney, A. (2018). Virtual memory palaces: Immersion aids recall. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0346-3>
- Lee, E. A.-L. & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Maas, M. J., & Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: A review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/1475939X-2020.1737210>
- Mikropoulos, T., Chalkidis, A., Katsikis, A. & Kossivaki, P. (1997). Virtual realities in environmental education: The project LAKE. *Education and Information Technologies*, 2, 131–142.
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information System*, 77(12), 1321–1329.
- Minocha, S., Tilling, S. & Tudor, A.-D. (2018). Role of Virtual Reality in Geography and Science Fieldwork Education. In: *Knowledge Exchange Seminar Series*, Belfast.
- Parong, J. & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Reinfried, S. et al. (2018): *Geographie unterrichten lernen*. Berlin: Cornelsen.
- Sanchez-Vives, M. V. & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332–339. <https://doi.org/10.1038/nrn1651>
- Schwan, S. & Buder, J. (2002). Lernen und Wissenserwerb in virtuellen Realitäten. In G. Bente et al. (Eds.), *Virtuelle Realitäten* (pp. 109–129). Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Schwan, S. & Buder, J. (2006). *Virtuelle Realität und E-Learning*. <https://www.e-teaching.org/materialien/literatur/schwan-buder-2005>
- Slater, M., Antley, A., Davison, A., Swapp, D., Guger, C., Barker, C., Pistrang, N. & Sanchez-Vives, M. V. (2006). A Virtual Reprise of the Stanley Milgram Obedience Experiments. *PLoS ONE*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000039>
- Slater, M. & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Stein, Ch. (2019). Wie Geographieunterricht Afrika verändern kann. *Geographie heute*, 343, 35–37.
- Stojišić, I., Ivkov Džigurski, A., Maričić, O., Ivanović Bibić, L. & Đukičin Vučković, S. (2016). Possible Application Of Virtual Reality In Geography Teaching. *Journal of Subject Didactics*, 1(2), 83–96. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.438169>
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I on - AFIPS '68 (Fall, Part I)*, 757. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Virtual Reality Society. (2017). When was virtual reality invented? *Virtual Reality Society*. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/invention.html>
- Wong, R. M., & Adesope, O. O. (2020). Meta-Analysis of Emotional Designs in Multimedia Learning: A Replication and Extension Study. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09545-x>
- Wössner, S. (2019). Immersives Fremdsprachenlernen. *Computer+Unterricht*, 114, 28–31.
- Zender, R., Sander, P., Weise, M., Mulders, M., Lucke, U. & Kerres, M. (2019). Action-oriented Learning in a VR Painting Simulator. *Proceedings of the 4th International Symposium on Emerging Technologies for Education*, Magdeburg

Submission instructions

All manuscripts must be submitted electronically via

https://e-publishing.cern.ch/index.php/prise/pages/view/submit_your_contribution.

PriSE authors are advised to follow the detailed instructions in the system. Authors should contact the Managing Editor if they have any questions or encounter any problems in the system.

Copyright Notice

Authors who publish with this journal agree to the following terms:

Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a Creative Commons Attribution License that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal. The applicable licence is <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgement of its initial publication in this journal.

Authors are permitted and encouraged to post their work online (e.g., in institutional repositories or on their website) prior to and during the submission process, as it can lead to productive exchanges, as well as earlier and greater citation of published work.