

Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung

- Integriert statt zusätzlich -

Lisa Stinken-Rösner

Leuphana Universität Lüneburg, Didaktik der Naturwissenschaften
lisa.stinken-roesner@leuphana.de

Kurzfassung

Eine erfolgreiche Implementation digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht kann nur gelingen, wenn geeignete universitäre und berufsbegleitende Qualifizierungsangebote entwickelt werden, in denen (zukünftigen) Lehrkräften der sinnvolle Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht vermittelt wird. Eine besondere Rolle fällt dabei den Fachdidaktiken zu, da sowohl das Angebot an als auch die Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien je nach Unterrichtsfach stark variieren. Im Rahmen des Projektes ‚FoLe – Digital‘ wird eine systematische Verankerung digitaler Medien in die naturwissenschaftliche Lehrkräftebildung an der Leuphana Universität Lüneburg angestrebt. Hierzu werden digitale Medien nicht als zusätzliches Themenfeld ergänzt, sondern entlang naturwissenschaftsdidaktischer Schwerpunkte in die existierenden Module des 4. und 5. Semesters integriert. Begleitend werden die TPACK-Wissensdomänen sowie Verhaltensabsichten bzgl. des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht erhoben. Die erste Kohorte besteht aus 58 Studierenden, 21 davon nahmen an der freiwilligen Begleitstudie teil. Die Erhebung ergab, dass im Laufe des Projektes eine positive Entwicklung der Verhaltensabsichten sowie eine (hoch) signifikante Zunahme der TPACK-Wissensdomänen stattfand. Zudem unterstützen die bisherigen Daten ein transformatives Verständnis des TPACK-Modells.

1. Von PCK zu TPACK

Die fortschreitende Digitalisierung des Unterrichtes stellt sowohl Lernende als auch Lehrende vor neue Herausforderungen. Lehrkräfte benötigen spezifische professionelle Kompetenzen, um digitale Medien sinnstiftend in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Zur theoretischen Beschreibung dieser Kompetenzen haben Mishra und Koehler (2006), ausgehend von dem PCK-Modell (Shulman, 1986), das TPACK-Modell entwickelt. Das TPACK-Modell beschreibt den Zusammenhang zwischen den drei Wissensdomänen *Content Knowledge* (CK), *Pedagogical Knowledge* (PK) und *Technological Knowledge* (TK) mit den aus den Schnittmengen resultierenden Hybriden erster Ordnung (PCK, TCK und TPK) sowie TPACK als Hybrid zweiter Ordnung (Mishra & Koehler, 2006). Das TPACK-Modell wird unter anderem zur Beschreibung der Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften genutzt (Koehler & Mishra, 2009). Jedoch existieren widersprüchliche empirische Ergebnisse bezüglich der faktoriellen Struktur der einzelnen TPACK-Dimensionen, ihrer Beziehungen zueinander (Archambault & Barnett, 2010) sowie des Zusammenhanges mit dem eigentlichen Handeln von Lehrkräften in der Praxis (Valtonen et al., 2018). Daran anknüpfend sollte TPACK vielmehr als möglicher Prädiktor für die Verhaltensabsichten von Lehrkräften verstanden werden. Um digitale Medien

sinnstiftend im naturwissenschaftlichen Unterricht einzusetzen, benötigen Lehrkräfte sowohl spezifische professionelle Kompetenzen als auch positive Verhaltensabsichten gegenüber dem Einsatz digitaler Medien.

Eine besondere Rolle bei der Förderung der professionellen Kompetenzen von angehenden Lehrkräften spielen im Rahmen der universitären Ausbildung die jeweiligen Fachdidaktiken. Insbesondere für die naturwissenschaftlichen Fächer existieren teilweise sehr spezifische digitale Angebote, die nicht im Rahmen von allgemeinpädagogischen oder fachwissenschaftlichen Veranstaltungen behandelt werden (können). Es ist somit die explizite Aufgabe der Naturwissenschaftsdidaktiken sich dieser Verantwortung anzunehmen und angehende Lehrkräfte bezüglich des Einsatzes digitaler Medien im Fachunterricht zu professionalisieren. Neben der Förderung des fachdidaktischen Wissens (PCK), muss auch TPACK systematisch im Rahmen der fachdidaktischen Ausbildung gefördert werden. Ein Beispiel hierfür stellt das Projekt ‚FoLe – Digital‘ dar, welches 2020 an der Leuphana Universität Lüneburg initiiert wurde.

2. Das Projekt ‚FoLe – Digital‘

Ziel des von der Joachim Herz Stiftung auf zwei Jahre geförderten Projektes ‚FoLe – Digital‘ (Forschendes Lernen mit digitalen Medien) ist die sys-

tematische Integration digitaler Medien in die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung an der Leuphana Universität Lüneburg. Um eine optimale Verknüpfung zwischen fachdidaktischen Inhalten und Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien im Fachunterricht zu erzielen, werden digitale Medien im Rahmen bereits bestehender fachdidaktischer Module entlang naturwissenschaftsdidaktischer Schwerpunkte thematisiert. Für einen detaillierten Überblick über das Design des Projektes sei an dieser Stelle auf Stinken-Rösner (2021) verwiesen.

3. Begleitforschung

Zu drei Zeitpunkten (Prä-, Re-, Post-Design) werden die professionellen Kompetenzen der Teilnehmer*innen bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht (TPACK; Mishra & Koehler, 2006) sowie ihre Verhaltensabsichten (ToPB; Ajzen, 1991) erhoben und entlang folgender Fragestellung analysiert:

Welche Kompetenzentwicklung lässt sich hinsichtlich des Einsatzes von digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Fachunterricht der Primar- und Sekundarstufe bei Lehramtsstudierenden im Rahmen des Lehrprojektes feststellen?

4. Methoden

Die professionellen Kompetenzen sowie die Verhaltensabsichten bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht wurden mit Hilfe eines Fragebogens zu drei Messzeitpunkten (vgl. Stinken-Rösner, 2021) erhoben. Der Fragebogen setzt sich zusammen aus vier Abschnitten:

- persönlicher Identifikationscode und demographische Daten (einmalig im Pre-Test erhoben: Geschlecht, Alter, Studienfächer, Studiensemester, Unterrichtserfahrung),
- Vorerfahrungen im Einsatz digitaler Medien in (Hoch)Schule und privates Nutzungsverhalten (einmalig im Pre-Test erhoben),
- professionelle Kompetenzen in Anlehnung an das TPACK-Modell,
- Verhaltensabsichten bezüglich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht in Anlehnung an die *Theory of Planned Behaviour*.

Alle Items werden auf einer 5-stufigen Likertskala (‚stimme gar nicht zu‘ / ‚stimme voll zu‘ bzw. ‚nie‘ / ‚sehr oft‘) von den Teilnehmer*innen beurteilt.

Zur Erfassung der Vorerfahrung, des Nutzungsverhaltens und der Verhaltensabsichten wurde ein bereits existierendes und hinreichend erprobtes, deutschsprachiges Testinstrument eingesetzt (Vogelsang et al., 2019). Die adaptierten Skalen weisen überwiegend gute bzw. befriedigende Werte der internen Konsistenz (Cronbach's $\alpha > 0.7$) auf. Eine Ausnahme bildet die Subskala subjektive Normer-

wartungen. Mögliche Gründe dafür wurden bereits von Vogelsang et al. (2019) diskutiert.

Die Entwicklung und Analyse des eingesetzten TPACK-Instrumentes werden in den folgenden Abschnitten 4.1 bis 4.3 detailliert erläutert.

4.1. TPACK-Instrument

Im Rahmen der Entwicklung des TPACK-Instrumentes wurden in einem ersten Schritt verschiedene deutsch- und englischsprachige Testinstrumente gesichtet und analysiert. Kriterien stellten die Erfassung aller TPACK-Dimensionen, eine annähernd gleiche, möglichst geringe Anzahl an Items pro TPACK-Dimension (die Bearbeitungszeit des Fragebogens sollte aufgrund der Rahmenbedingungen maximal 15 Minuten betragen) sowie eine möglichst hohe Skalenreliabilitäten dar. Lediglich das englischsprachige TPACK-Instrument von Chai et al. (2013) erfüllte alle vorgegebenen Kriterien.

In einem zweiten Schritt wurden die Originalitems übersetzt und für den naturwissenschaftlichen Unterricht adaptiert. Eine anschließende Sichtung durch zwei Expert*innen führte zur Konsensfindung bezüglich individueller Formulierungen. Die Güte des entwickelten TPACK-Testinstrumentes wurde anhand der Skalenreliabilitäten sowie einer explorativen Faktorenanalyse analysiert. An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Erhebung noch nicht abgeschlossen ist, so dass die hier angegebenen Kennwerte sich lediglich auf die Kohorte 2020 (Gesamtstichprobe mit $N = 130$) beziehen.

Ein Überblick über die Items des eingesetzten TPACK-Instrumentes sowie zugehörige Reliabilitäten (Cronbach's α) der individuellen Skalen ist in den Tabellen 1-3 zu finden.

CONTENT KNOWLEDGE (CK) $\alpha=.79$

CK-1	Ich habe ausreichende Kenntnisse über die Fachinhalte meines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches.	.74
CK-2	Ich kann über die Fachinhalte meines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches wie ein Experte nachdenken.	.75
CK-3	Ich kann selbstständig die Fachinhalte meines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches vertiefen.	.74
CK-4	Ich traue mir zu, die Fachinhalte meines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches zu unterrichten.	.74

PEDAGOGICAL KNOWLEDGE (PK) $\alpha=.88$

PK-1	Ich kann Schüler*innen fördern und fordern, indem ich ihnen herausfordernde Aufgaben stelle.	.86
------	--	-----

PK-2	Ich kann Schüler*innen anleiten geeignete Lernstrategien anzuwenden.	.83
PK-3	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, ihren eigenen Lernprozess zu überwachen.	.84
PK-4	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, ihre eigenen Lernstrategien zu reflektieren.	.84
PK-5	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, in Gruppenarbeiten angemessen zu diskutieren.	.89
TECHNOLOGICAL KNOWLEDGE (TK)		$\alpha=.81$
TK-1	Ich habe die nötigen technischen Fähigkeiten, um digitale Medien effektiv zu nutzen.	.75
TK-2	Mir fällt es leicht, den Umgang mit digitalen Medien zu erlernen.	.72
TK-3	Ich weiß, wie ich technische Probleme bei der Nutzung digitaler Medien selbstständig lösen kann.	.74
TK-4	Ich informiere mich regelmäßig über neue digitale Medien.	.81

Tab.1: Das TPACK-Testinstrument. Angegeben sind die Skalen zur Erfassung der CK-, PK- und TK-Dimension, die jeweilige Skalenreliabilität sowie Cronbach's Alpha unter Ausschluss individueller Items.

PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (PCK)		$\alpha=.83$
PCK-1	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, sich naturwissenschaftliche Inhalte auf verschiedene Weise anzuzeigen	.80
PCK-2	Ich kann auf typische Lernschwierigkeiten in meinem naturwissenschaftlichen Unterricht eingehen.	.81
PCK-3	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, Diskussionen über naturwissenschaftliche Inhalte zu führen.	.79
PCK-4	Ich kann Schüler*innen dazu motivieren, Alltagsprobleme im Zusammenhang mit Naturwissenschaften zu lösen.	.78

PCK-5	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte zu bewältigen.	.78
TECHNOLOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (TCK)		$\alpha=.73$
TCK-1	Ich kann Software verwenden, die speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt wurde.	.61
TCK-2	Ich kann digitale Medien nutzen, um naturwissenschaftliche Inhalte zu recherchieren.	.74
TCK-3	Ich kann passende digitale Medien auswählen und nutzen, um naturwissenschaftliche Inhalte darzustellen.	.68
TCK-4	Ich kann spezielle Software nutzen, um naturwissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen.	.61
TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL KNOWLEDGE (TPK)		$\alpha=.79$
TPK-1	Ich kann digitale Medien nutzen, um meinen Schüler*innen Alltagsbeispiele näher zu bringen.	.75
TPK-2	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, ihren eigenen Lernprozess mit digitalen Medien zu planen und zu überwachen.	.72
TPK-3	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, Inhalte mit digitalen Medien unterschiedlich darzustellen.	.73
TPK-4	Ich kann Schüler*innen dabei unterstützen, mit Hilfe von digitalen Medien miteinander zu kooperieren.	.77

Tab.2: Das TPACK-Testinstrument. Angegeben sind die Skalen zur Erfassung der PCK-, TCK- und TPK-Dimension, die jeweilige Skalenreliabilität sowie Cronbach's Alpha unter Ausschluss individueller Items.

TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (TPACK)		$\alpha=.84$
TPACK-1	Ich kann anspruchsvolle Diskussionsthemen über naturwissenschaftliche Inhalte formulieren und die Online-Zusammenarbeit von Schüler*innen durch geeignete digitale Medien unterstützen.	.85

TPACK-2	Ich kann Lernumgebungen gestalten, die Schüler*innen dabei unterstützen naturwissenschaftliche Inhalte auf verschiedene Weise mit digitalen Medien darzustellen.	.79
TPACK-3	Ich kann Lernumgebungen gestalten, mit denen Schüler*innen naturwissenschaftliche Inhalte mit Hilfe von digitalen Medien selbstgesteuert erlernen können.	.80
TPACK-4	Ich kann problemzentrierte Lernumgebungen gestalten, die Schüler*innen dabei unterstützen naturwissenschaftliche Inhalte mit Hilfe digitaler Medien anzuwenden und zu vertiefen.	.81
TPACK-5	Ich kann schüler*innenzentrierte Lernumgebungen gestalten, in denen naturwissenschaftliche Inhalte, pädagogische Grundlagen und digitale Medien angemessen integriert sind.	.80

Tab.3: Das TPACK-Testinstrument. Angegeben ist die Skala zur Erfassung der TPACK-Dimension, die Skalenreliabilität sowie Cronbach's Alpha unter Ausschluss individueller Items.

4.2. Explorative Faktorenanalyse

Zur Überprüfung der Trennbarkeit der TPACK-Dimensionen wurde auf Basis der Kohorte 2020 (N = 130) eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, um Items mit uneindeutigen Faktorenladungen zu identifizieren. Ein finaler Ausschluss von Items findet statt, sobald die Daten der Kohorte 2021 erhoben und in der Analyse berücksichtigt werden konnten (Ende der Datenerhebung im Februar 2022). Dennoch sollen an dieser Stelle bereits die ersten Ergebnisse der Analyse dargestellt werden. Die explorative Faktorenanalyse unter Anwendung des Kaiser-Kriteriums ergibt sieben Faktoren, wie auch aus der Theorie zu erwarten. Auffällig ist jedoch, dass alle TPK und TPACK Items auf einen Faktor laden, die TCK Items auf zwei getrennte Faktoren. Ein möglicher Grund dafür kann in dem Design des Projektes und dem formalen Rahmen der Datenerhebung selbst liegen. Durch den Ansatz ‚integriert statt zusätzlich‘ wurde TPACK explizit im Rahmen von naturwissenschaftsdidaktischen Modulen thematisiert, gleichzeitig fanden auch die Datenerhebungen innerhalb dieser Module statt. Es kann daher angenommen werden, dass obwohl bei der Formulierung der jeweiligen Items bewusst darauf geachtet wurde, dass die TPK Items keinen, die TPACK-Items hingegen einen konkreten Bezug zum natur-

wissenschaftlichen Unterricht aufweisen (vgl. Tab. 2 & 3), die Teilnehmer*innen dennoch auch bei der Beantwortung der TPK-Items den naturwissenschaftlichen Unterricht als Kontext stets mitgedacht haben. Um dies zu berücksichtigen, wurde eine zweite explorative Faktorenanalyse unter Vorgabe von 6 Faktoren durchgeführt (Tab. 4, sortiert nach TPACK-Dimensionen), wodurch sich die Varianzaufklärung von 69 % auf 66 % verringert.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
CK			.366	.625		.314
				.722		
				.763		
				.727		
PK	.739					
	.826					
	.857					
	.838					
	.634					.328
TK		.404	.451		.550	
					.797	
					.755	
		.433			.452	
PCK						.521
	.404		.407			.450
	.452			.382		.524
	.353					.688
	.488					.525
TCK			.770			
	.309				.445	.558
	.353					.462
			.831			
TPK	.481	.370				
	.519				.381	
	.495	.370				
	.803					
TPACK	.796					
	.804					
	.563	.451				
	.322	.476				
	.326	.586				
EW	10.4	3.8	2.3	1.4	1.3	1.2

Tab.4: Explorative Faktorenanalyse des TPACK-Testinstruments (N = 130). In der Tabelle sind nur Ladungen > 0,3 dargestellt. Die letzte Zeile beinhaltet die jeweiligen Eigenwerte.

Für die in Abschnitt 6 beschriebenen Ergebnisse werden zunächst alle Items des hier vorgestellten TPACK-Instrumentes berücksichtigt. Ein finaler Ausschluss von Items mit uneindeutigen Faktorla-

dungen findet statt, sobald der Datensatz der Kohorte 2021 in die Analyse einbezogen werden kann.

4.3. TPACK-Verständnis

Zur Analyse der Beziehungen zwischen den einzelnen TPACK-Dimensionen wurden die integrative und die transformative Sichtweise anhand linearer Regressionen analysiert. Die Ergebnisse sind in den Abb. 1 & 2 zu finden.

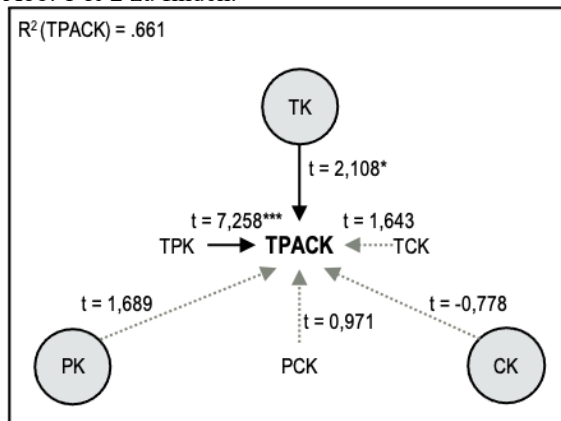


Abb.1: Analyse des integrativen Verständnisses des TPACK-Modells. Gestrichelte Linien repräsentieren nicht signifikante Zusammenhänge.

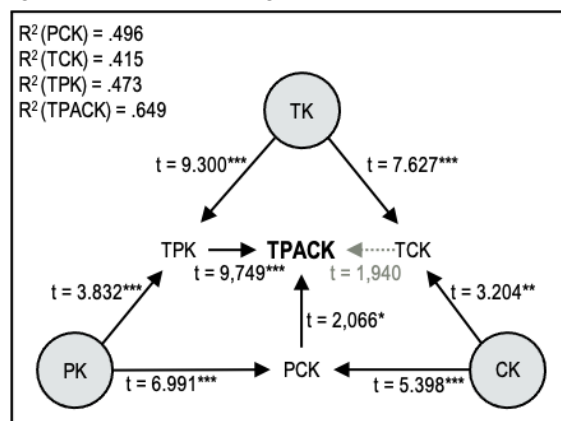


Abb.2: Analyse des transformativen Verständnisses des TPACK-Modells. Gestrichelte Linien repräsentieren nicht signifikante Zusammenhänge.

Die Ergebnisse unterstützen die transformative Sichtweise des TPACK-Modells, in der CK, PK und TK die Hybriden erster Ordnung (PCK, TCK und TPK) vorhersagen, welche wiederum TPACK vorhersagen. Dies entspricht sowohl der ursprünglichen TPACK Definition von Mishra und Koehler (2006), als auch aktuellen Forschungsarbeiten (Angeli & Valanides, 2009; Jang & Chen, 2010; Jin, 2019; Schmid, Brianza & Petko, 2020). Analog zur Studie von Schmid, Brinaza und Petko (2020) wird TPACK maßgeblich von TPK und PCK beeinflusst, wo hingegen kein signifikanter Einfluss von TCK nachgewiesen werden konnte.

Das transformative Verständnis des TPACK-Modells liegt ebenfalls dem im Projekt ‚FoLe – Digital‘ gewählten Ansatz ‚integriert statt zusätz-

lich‘ zugrunde und wird durch die vorliegenden Daten weiter gestärkt.

5. Beschreibung der Stichprobe

Die Kohorte 2020 bestand aus 58 Studierenden. An allen drei Testzeitpunkten haben 21 weibliche Studierende teilgenommen. 66,7 % der Teilnehmerinnen studieren Lehramt für Grundschulen (Sachunterricht mit dem Bezugsfach Naturwissenschaften), 28,6 % für die Sekundarstufe I mit dem Unterrichtsfach Biologie und 9,5 % mit dem Unterrichtsfach Chemie. Zu Beginn des Projektes hatte die Mehrheit der Teilnehmerinnen keine bis geringe Unterrichtserfahrungen.

6. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kohorte 2020 (N = 21) getrennt für die Entwicklung der professionellen Kompetenzen (TPACK) sowie der Verhaltensabsichten (ToPB) bezüglich bzw. gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im Verlaufe des Projektes beschrieben. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse des ersten Messzeitpunktes findet sich auch in Stinken-Rösner (2021).

6.1. TPACK

Die Entwicklung der professionellen Kompetenzen der Teilnehmerinnen im Laufe des Projektes sind in Abb. 3 zusammengefasst.

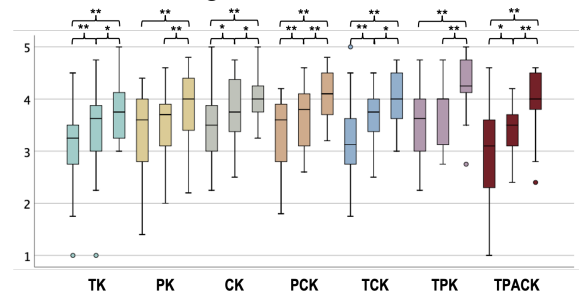


Abb. 3: Entwicklung der professionellen Kompetenzen im Laufe des Projektes. Dargestellt sind für jede TPACK-Dimension die Ergebnisse des Prä-, Re- und Post-Tests in Form von Boxplots. Signifikante Unterschiede sind durch Sternchen markiert (*/** Korrelation ist auf dem 0,05/0,05 Niveau signifikant).

Anhand von T-Tests (bei normalverteilten Daten) bzw. des Wilcoxon Tests für verbundene Stichproben (bei nicht normalverteilten Daten) wurden signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten identifiziert. Sowohl zwischen Prä- und Re-Test, zwischen Re- und Post-Test als auch über den Verlauf des ganzen Projektes (Vergleich zwischen Prä- und Post-Test) zeigen sich (hoch) signifikante Unterschiede in (fast) allen TPACK-Dimensionen. Neben der theoretischen Auseinandersetzung mit digitalen Medien entlang ausgewählter naturwissenschaftsdidaktischer Schwerpunkte in der ersten Projekthälfte, wirken sich auch die praktische Planung, Durchführung und Reflexion einer Unterrichtseinheit zum Forschenden Lernen unter Einbe-

zug digitaler Medien in der zweiten Projekthälfte (vgl. Stinken-Rösner, 2021) positiv auf die Einschätzungen der eigenen professionellen Kompetenzen der Teilnehmerinnen aus.

6.2. ToPB

Die Entwicklung der Verhaltensabsichten im Laufe des Projektes sind in Abb. 4 dargestellt.

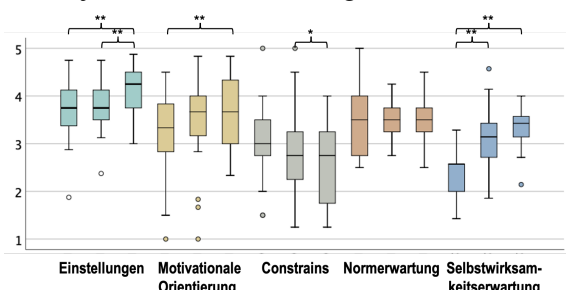


Abb. 4: Entwicklung der Verhaltensabsichten im Laufe des Projektes. Dargestellt sind die Ergebnisse der jeweiligen ToPB-Elemente in Form von Boxplots für den Prä-, Re- und Post-Test. Signifikante Unterschiede sind durch Sternchen markiert. (*/** Korrelation ist auf dem 0,05/0,05 Niveau signifikant).

Im Vergleich zwischen Prä- und Re-Test beurteilen die Teilnehmerinnen einzig ihre Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht signifikant höher zum zweiten Messzeitpunkt. Einen stärkeren Effekt auf die Verhaltensabsichten hat die zweite Hälfte des Projektes: Nach der selbstständigen Planung und Durchführung einer Unterrichtseinheit zum Forschenden Lernen unter Einbezug digitaler Medien geben die Teilnehmerinnen hoch signifikant positivere Einstellungen gegenüber dem Einsatz digitaler Medien an, genauso wie signifikant geringer wahrgenommene Schwierigkeiten beim Einsatz. Zudem ergeben sich hoch signifikante Unterschiede bezüglich der motivationalen Orientierung gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht im Verlauf des gesamten Projektes.

6.3. Zusammenhang zwischen TPACK und ToPB

Eine gemeinsame Analyse von TPACK und den Verhaltensabsichten zeigte hoch signifikante Korrelationen zwischen TPACK und den Einstellungen gegenüber ($r = .261^{**}$), der Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich ($r = .561^{**}$), den wahrgenommenen Schwierigkeiten beim ($r = -.551^{**}$) sowie der motivationalen Orientierung gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht ($r = .354$). Dies unterstützt die Annahme, dass durch die explizite Förderung von TPACK ebenfalls eine positive Entwicklung der Verhaltensabsichten gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht erzielt werden kann.

7. Fazit und Ausblick

Die hier präsentierten Ergebnisse der Kohorte 2020 belegen, dass durch den im Projekt ‚FoLe – Digital‘

verfolgten Ansatz ‚integriert statt zusätzlich‘ die professionellen Kompetenzen der Teilnehmerinnen explizit gefördert werden können. Zwischen Prä- und Post-Test ergeben sich (hoch) signifikante Unterschiede in den Selbsteinschätzungen aller TPACK-Dimensionen. Ebenfalls konnten, obwohl nicht explizit adressiert, die Verhaltensabsichten der Teilnehmerinnen bezüglich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht positiv beeinflusst werden, insbesondere durch die eigenständige Planung und Durchführung einer Unterrichtseinheit im Sinne des Forschenden Lernens unter Einbezug digitaler Medien.

Die im Verlauf der zweiten Projekthälfte von den Teilnehmer*innen erstellten Unterrichtsentwürfe (vgl. Stinken-Rösner, 2021) werden aktuell hinsichtlich der Quantität und Qualität des Medieneinsatzes analysiert. Die Qualität wird anhand der Konzeptualisierungen von Puentedura (2006) für den Grad der Technologieintegration (SAMR: Substitution, Augmentation, Modification und Redefinition) sowie von Chi & Wylie (2014) für die kognitive Aktivierung der Lernenden (ICAP: interactive, constructive, active, passive) beurteilt. Um den Zusammenhang zwischen professionellen Kompetenzen und Handlungen in der Praxis besser verstehen zu können, dienen die Unterrichtsentwürfe als zusätzliche, authentische Datengrundlage. In Anlehnung an die von Magnusson et al. (1999) definierten PCK-Elemente, sowie der davon abgeleiteten TPACK-Elemente (Lyublinskaya & Tournaki, 2014) wird *TPACK in Action* (in der Unterrichtspraxis) qualitativ analysiert und mit den quantitativen TPACK-Selbsteinschätzungen der Teilnehmer*innen (*TPACK on Action*) in Beziehung gesetzt.

Parallel zur aktuellen qualitativen Analyse der Unterrichtsentwürfe ist im April 2021 die zweite Kohorte in das Projekt ‚FoLe – Digital‘ gestartet. Weitere Ergebnisse sind in naher Zukunft zu erwarten.

8. Literatur

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2005). Preservice elementary teachers as information and communication technology designers: An instructional systems design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(4), 292–302.
- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656–1662.
- Chai, C. S., Ng, E. M., Li, W., Hong, H.-Y., & Koh, J. H. L. (2013). Validating and modelling technological pedagogical content knowledge framework among Asian preservice teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(1), 41–53.

- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Jang, S.-J., & Chen, K.-C. (2010). From PCK to TPACK: Developing a transformative model for pre-service science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 553–564.
- Jin, Y. (2019). The nature of TPACK: Is TPACK distinctive, integrative or transformative?. In Society for information technology & teacher education international conference (S. 2199–2204). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Koehler, M.J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- Lyublinskaya, I. & Tournaki, N. (2014). Preparing Special Education Teachers for Teaching Mathematics and Science with Technology by Integrating the TPACK Framework into the Curriculum: A Study of Teachers' TPACK Development through Assessment of Lesson Plans. *Journal of Technology and Teacher Education*, 22(4), 449-470.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (S. 95–132). Dordrecht: Kluwer.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Puentedura, R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. <http://hippasus.com/resources/tte/>
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2020). Developing a short assessment instrument for Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK.xs) and comparing the factor structure of an integrative and a transformative model, *Computers & Education*, 157, 103967.
- Stinken-Rösner, L. (2021). Implementation digitaler Medien in die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung. In C. Maurer, K. Rincke & M. Hemmer (Hrsg.), *Fachliche Bildung und digitale Transformation. Fachdidaktische Forschung und Diskurse* (S. 181-184). Regensburg: Universität 2021.
- Valtonen, T., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Mäkitalo-Siegl, K., & Sointu, E. (2018). Differences in pre-service teachers' knowledge and readiness to use ICT in education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(2), 174–182.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierung als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeugen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (2019), 1-15.