

Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien

Eine Mixed-Methods-Studie an Sekundarschulen

Regina Schmid

Herzogenbuchsee und Frutigen (BE)

Kumulative Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde an der Philosophischen

Fakultät der Universität Freiburg (Schweiz)

Genehmigt von der Philosophischen Fakultät auf Antrag von

Prof. Dr. Christine Pauli der Universität Freiburg (Gutachterin 1)

Prof. Dr. Dominik Petko der Universität Zürich (Gutachter 2)

Prof. Dr. Birgit Eickelmann der Universität Paderborn (Gutachterin 3)

Prof. Dr. Sabine Seufert der Universität St. Gallen (Gutachterin 4)

Freiburg, 18.11.2022

Prof. Dr. Dominik Schöbi, Dekan

<https://doi.org/10.51363/unifr.lth.2022.010>

©Regina Schmid, 2022



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Lizenz veröffentlicht (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Vorwort

Viele Personen haben zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen und mich dabei auf inhaltlicher, emotionaler sowie motivationaler Ebene unterstützt. Zuerst möchte ich Prof. Dr. Dominik Petko für die inhaltliche und methodische Betreuung danken. Nebst den vielen konstruktiven und anregenden Gesprächen ermöglichte mir die Zusammenarbeit mit ihm, dass ich mich insbesondere in Forschungsbelangen weiterentwickeln konnte – vielen Dank. Auch Prof. Dr. Christine Pauli danke ich sehr für die inhaltliche Betreuung. Stets erhielt ich wertvolle Rückmeldungen zu den verfassten Texten und der inhaltliche Austausch hat massgeblich zu diesem Endprodukt beigetragen. Des Weiteren gilt mein Dank den anderen beiden Mitgliedern der perLen-Projektleitung, Prof. Dr. Kurt Reusser und Dr. phil. Rita Stebler, die mir weiterführende Hinweise gegeben haben. An der Stelle möchte ich ebenso den teilnehmenden Schüler:innen sowie Lehrpersonen danken, die diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht haben. Schliesslich danke ich der Pädagogischen Hochschule Schwyz für die finanzielle Unterstützung durch den angenommenen Antrag im Rahmen des offenen Forschungsprogramms.

Neben der inhaltlichen und der finanziellen Unterstützung danke ich meinen Arbeitskolleg:innen, meiner Familie und meinen Freund:innen für die anregenden Gespräche, aber auch für das Aufmuntern und Ablenken. Unter anderem gaben mir die gemeinsamen Sporteinheiten immer wieder Kraft, weiterzuschreiten. Zum Schluss gilt ein grosses Dankeschön meinem Partner für seine Unterstützung und Rücksichtnahme, was massgeblich dazu beigetragen hat, dass ich dieses Werk beginnen und schliesslich erfolgreich abschliessen konnte – herzlichen Dank!

Zürich, Januar 2022

Zusammenfassung

Diverse Schulen der Deutschschweiz haben in den letzten Jahren aus Eigeninitiative damit begonnen, ihren Unterricht in Richtung personalisierten Lernens weiterzuentwickeln, und ziehen zur Unterstützung häufig auch digitale Medien bei. Inwiefern und wie digitale Medien in Schulen mit personalisierten Lernkonzepten eingesetzt werden, wurde im deutschsprachigen Raum bislang jedoch noch nicht erforscht. Auch international liegen erst wenige empirische Untersuchungen vor, die den allgemeinen Einsatz digitaler Medien sowie deren Wirksamkeit in personalisierten Unterrichtsformen analysiert haben. Vor diesem Hintergrund geht die vorliegende Arbeit der übergeordneten Forschungsfrage nach, welche Rolle digitale Medien in Deutschschweizer Schulen mit personalisierten Lernkonzepten spielen. Da verschiedene inhaltliche Aspekte unter personalisiertem Lernen subsumiert werden, wird das Konzept anhand zweier Dimensionen empirisch untersucht („offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien“ sowie „Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien“). Zu diesem Zweck werden einerseits auf der Angebotsseite des Unterrichts offene Lehr- und Lernformen, wie beispielsweise Planarbeit oder Projektunterricht, die durch digitale Medien unterstützt werden, in den Fokus gerückt. Solche offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien sind durch phasenweise selbstständige Schüler:innenarbeit geprägt, in denen die Lehrpersonen als Lernbegleiter:innen die Schüler:innen individuell unterstützen. Andererseits wird auf der Nutzungsseite untersucht, ob und wie häufig Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien die Vorgehensweise, den Lerninhalt oder die Zeiteinteilung mitbestimmen können. Für solche Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten beim Lernen mit digitalen Medien stellen offene Unterrichtsformen eine Voraussetzung dar.

Die Stichprobe der quantitativen Analysen bilden 31 Sekundarschulen mit insgesamt 1017 Schüler:innen der 8. Klasse. Diese 31 Schulen hatten bereits personalisierte Lehr- und Lernformen implementiert und nahmen im Jahr 2013 an einer Online-Befragung im Kontext des perLen-Projekts (2013–2015) teil. Die Daten für die qualitativen Analysen wurden im Jahr 2016 basierend auf einer Online-Befragung erhoben und umfassen elf leitfadengestützte Interviews sowie Unterrichtsbeobachtungen aus drei Schulen mit einer hoch ausgeprägten Nutzung digitaler Medien.

Die in Artikel 1 dargestellten deskriptiven Analysen zeigen, dass die grosse Mehrheit der Schüler:innen in personalisierten Unterrichtsformen digitale Medien nutzt. Zudem ergibt ein Vergleich mit der nationalen ICILS-Stichprobe des Jahres 2013, dass die untersuchten Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernformen im Mittel mehr als doppelt so häufig Computer im

Unterricht nutzen als eine durchschnittliche Schweizer Schule. Hinsichtlich der zwei Dimensionen zeigen Ergebnisse eines Strukturgleichungsmodells in Artikel 1, dass durch digitale Medien unterstützte offene Lehr- und Lernformen in einem positiven Zusammenhang mit den selbst eingeschätzten ICT-Kompetenzen und diesbezüglichen Überzeugungen der Schüler:innen stehen. Ob die Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien die Vorgehensweise, den Lerninhalt oder die Zeiteinteilung mitbestimmen können, hat hingegen keinen Einfluss auf die wahrgenommenen ICT-Kompetenzen und diesbezüglichen Überzeugungen der Schüler:innen. Weitere Ergebnisse des Strukturgleichungsmodells, die in Artikel 2 publiziert wurden, deuten darauf hin, dass die zwei Dimensionen zwar in geringem Ausmass, aber gleichwohl signifikant positiv einzelne Subdimensionen der Unterrichtsqualität beeinflussen: Wird vermehrt in offenen Lernumgebungen mit digitalen Medien unterrichtet, geht dies mit einer höheren Schüler:inneneinschätzung der kognitiven Aktivierung einher. Dürfen die Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien zudem vermehrt die Vorgehensweise, den Lerninhalt oder die Zeiteinteilung mitbestimmen, nehmen sie auch die konstruktive Unterstützung durch die Lehrperson als grösser wahr. Die von den Schüler:innen eingeschätzte Klassenführung scheint hingegen nicht beeinflusst zu werden. Anhand der drei vertiefenden Fallstudien in Artikel 3 lassen sich wiederum unterschiedliche Alltagspraktiken beschreiben, die sich darauf beziehen, wie digitale Medien auf der Schulebene sowie im Unterricht eingesetzt werden: Während Schule A die digitalen Medien selektiv nach den individuellen Präferenzen der Lehrpersonen einsetzt, orientiert sich Schule B in der Tendenz an den individuellen Vorlieben der Schüler:innen. Lediglich Schule C setzt digitale Medien systematisch gemäss einer gesamtschulischen Strategie ein. Insgesamt weisen die quantitativen wie auch die qualitativen Befunde darauf hin, dass noch viel Potenzial besteht, personalisierte Lehr- und Lernformen durch den Einsatz digitaler Medien zu unterstützen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	II
Zusammenfassung.....	III
1 Einleitung	7
2 Personalisiertes Lernen.....	10
2.1 Begriffsentstehung mit Fokus auf den englischsprachigen Raum.....	10
2.2 Begriffsentstehung mit Fokus auf den deutschsprachigen Raum.....	12
2.3 Begriffsklärung im Vergleich zu ähnlichen Konzepten	15
3 Digitale Medien zur Unterstützung von personalisiertem Lernen	20
3.1 Verständnis von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien	20
3.2 Potenziale digitaler Medien in personalisiertem Unterricht	25
3.3 Empirische Befundlage zu personalisiertem Lernen mit digitalen Medien	32
4 Ziele der drei Studien.....	38
5 Kontextualisierung der Studien – das perLen-Projekt.....	39
6 Methoden der drei Studien.....	42
6.1 Forschungsdesign und Stichproben	42
6.2 Instrumente und Analysen	44
7 Überblick über die drei Artikel.....	46
7.1 Artikel 1: Does the Use of Educational Technology in Personalized Learning Environments correlate with Self-Reported Digital Skills and Beliefs of Secondary- School Students?.....	46
7.2 Artikel 2: Implementation of Technology-Supported Personalized Learning — Its Impact on Instructional Quality	49
7.3 Artikel 3: Examining the Use of Technology in Schools with a School-Wide Approach to Personalized Learning.....	52
7.4 Eigenleistung.....	54
8 Diskussion	55
8.1 Zusammenfassung der Hauptergebnisse.....	55
8.2 Diskussion der Ergebnisse	57
8.3 Implikationen für die Praxis.....	66
8.4 Limitationen und zukünftige Herausforderungen	69
8.4.1 Limitationen	69
8.4.2 Zukünftige Herausforderungen	71

Literaturverzeichnis	74
Tabellenverzeichnis	86
Abbildungsverzeichnis	86
Anhang	87
A.1: Does the Use of Educational Technology in Personalized Learning Environments correlate with Self-Reported Digital Skills and Beliefs of Secondary-School Students?	
A.2: Implementation of Technology-Supported Personalized Learning — Its Impact on Instructional Quality	
A.3: Examining the Use of Technology in Schools with a School-Wide Approach to Personalized Learning	

1 Einleitung

Digitale Medien werden in der Forschungsliteratur seit jeher mit der Hoffnung verbunden, den Unterricht und die Bildung revolutionieren und dadurch das schulische Lernen verbessern zu können (Petko et al., 2017; Trautmann, 2021). Zu Beginn des technologiegestützten Lernens in den 1960er-Jahren wurden vorwiegend traditionelle Lehr- und Lernmethoden mit dem Technologieeinsatz verbunden (Pressey, 1950; Skinner, 1961). Die zu diesem Zweck genutzten Geräte, wie beispielsweise die „teaching machine“ von Skinner (1961), unterstützten vorwiegend die direkte Instruktion und verfolgten das Ziel, den einzelnen Schüler:innen Lerninhalte mittels einer jeweils unmittelbar erfolgenden standardisierten Rückmeldung effizienter vermitteln zu können. Auch die ursprünglichen „Intelligenten Tutoring Systeme“ (ITS), die in den 1980er-Jahren verbreitet waren und den Schüler:innen sowohl ein direktes Feedback auf ihre Antworten gaben, als auch die Aufgabenstellungen an deren Lernstand und Eigenschaften anpassten, unterstützen primär individualisiertes Lernen durch direkte Instruktion (Heinen & Kerres, 2015). Mit dem aufkommenden konstruktivistischen Lernverständnis wurden die eng geleitete Instruktion und die fehlende Steuerungskontrolle der Schüler:innen jedoch zunehmend hinterfragt. Spätestens ab der Mitte der 1980er-Jahre wurden digitale Medien daher verstärkt als Hilfswerkzeuge verstanden, die in erster Linie ein vertieftes Nachdenken über einen Lerngegenstand anregen sollten (Lajoie & Derry, 1993). Vor diesem Hintergrund werden digitalen Medien heute insbesondere in offenen Lehr- und Lernformen, die beispielsweise mit alltagsnahen Problemstellungen arbeiten, Potenziale zugeschrieben, um die Schüler:innen beim Aufbauen von eigenständigen Einsichten und Theorien über Sachverhalte zu unterstützen (Schaumburg, 2018; Sokolowski et al., 2015; Tamim et al., 2011).

Parallel zur Entwicklung des technologiegestützten Lernens wird seit Jahrzehnten eine Diskussion darüber geführt, wie der Unterricht an die individuellen Voraussetzungen der Schüler:innen adaptiert werden kann (Stebler et al., 2021). Die Schule hat den Bildungsauftrag, bei allen Schüler:innen grundlegende fachliche sowie überfachliche Kompetenzen zu fördern, was die Schüler:innen zu selbstständigem Denken und einer mündigen Teilhabe an der demokratischen Gesellschaft befähigen soll. Um diesen bildungspolitischen wie auch gesellschaftlichen Auftrag erfüllen zu können, hat der Unterricht auf die heterogenen Lernvoraussetzungen und Eigenschaften der Schüler:innen einzugehen (Stebler et al., 2018). Bereits Vertreter:innen reformpädagogischer Ansätze haben die Verschiedenheit der Schüler:innen erkannt, weshalb sie anstelle eines traditionellen Frontalunterrichts mit starker Steuerung durch die Lehrperson einen Unterricht forderten, der sich verstärkt am Kinde

orientiert (Oelkers, 2010). Auch das Konzept der erweiterten Lehr- und Lernformen (ELF), das sich in den 1980er-Jahren vorwiegend in der Schweiz verbreitete, sollte einen stärkeren Einbezug individualisierender Unterrichtsformen ermöglichen (Crocì et al., 1995; Pauli et al., 2003). Zu diesem Zweck sollten im Sinne einer Methodenergänzung vermehrt auch offene Lehr- und Lernformen mit einem erhöhten Steuerungsgrad der Schüler:innen wie beispielsweise Planarbeit oder Werkstattunterricht zusätzlich zum lange Zeit dominierenden Frontalunterricht im Unterricht implementiert werden (Pauli et al., 2003). Eine weitere diesbezügliche Diskussion bezieht sich auf die Entwicklung eines neueren Konzepts des individualisierten Unterrichts, das sich durch ein angepasstes Lernangebot entsprechend den Lernvoraussetzungen und Interessen der einzelnen Schüler:innen charakterisieren lässt (Dumont, 2019).

Vor diesem Hintergrund hat das vielschichtige Konzept „personalisiertes Lernen“ seit der Jahrhundertwende international an Bedeutung gewonnen, unter welchem die zuvor beschriebenen didaktischen Konzepte subsumiert werden können (Bray & McClaskey, 2017; Stebler et al., 2021; Zhang, Yang, et al., 2020). Als Bildungsschlagwort hat sich der Begriff vor allem im englischsprachigen Raum verbreitet (Gierl et al., 2018; Miliband, 2006; Waldrup et al., 2014). Die zunehmende Bedeutung auch jenseits bildungspolitischer Forderungen spiegelt sich unter anderem in der wissenschaftlichen Literatur wider, in der seit 2008 eine starke Zunahme von Forschungspublikationen zu „personalized learning“ zu verzeichnen ist (Shemshack & Spector, 2020). Obschon eine einheitliche Definition wie auch eine allgemein gebräuchliche Operationalisierung des Konzepts nach wie vor ausstehen, kann „personalisiertes Lernen“ im Grundsatz als Überbegriff für Lernkonzepte verstanden werden, deren Ziel darin besteht, mittels differenzierter Lernangebote, welche die unterschiedlichen Voraussetzungen und Lernbedürfnisse der Schüler:innen berücksichtigen und ihnen durch stärkere Selbststeuerung und erhöhte Mitbestimmung mehr Verantwortung für das Lernen übergeben, eine möglichst optimale Passung zwischen Lernangebot und Nutzung herzustellen (Bray & McClaskey, 2015; Stebler et al., 2018).

Im Zusammenhang mit personalisiertem Lernen werden digitale Medien als vielversprechende Unterstützungswerkzeuge angesehen (Lee et al., 2018; Shemshack & Spector, 2020; Van Schoors et al., 2021; Xie et al., 2019; Zhang, Basham et al., 2020), die in den vielfältigen Implementierungsformen des Konzepts entsprechend häufig miteinbezogen werden (Zhang, Basham et al., 2020). Ein weiterer Aspekt, der im Zusammenhang mit digitalen Medien von Bedeutung ist, besteht darin, dass infolge der fortschreitenden Digitalisierung neue digitale Fähigkeiten erworben werden müssen, die zur Teilhabe an der Gesellschaft erforderlich

sind (Littlejohn et al., 2012; Margaryan et al., 2011). Dies gilt auch für Schüler:innen, die im digitalen Informationszeitalter geboren wurden, denn auch diese müssen einen kompetenten Umgang mit digitalen Medien meist erst erlernen. Der Aufbau von ICT-Kompetenzen in der Schule ist deshalb ein wichtiges Bildungsziel, dessen Erreichung mithilfe des Einbezugs digitaler Medien in personalisierten Unterrichtsformen gefördert werden kann (Stebler et al., 2018). Erfolgt die Integration auf eine didaktisch durchdachte Weise, können digitale Medien einerseits zu einer höheren Qualität der Lernprozesse beitragen und andererseits die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen wirksam fördern (Eickelmann & Gerick, 2020; Lee, Huh, Lin, Reigeluth, & Lee, 2021; Quast, Rubach, & Lazarides, 2021).

Vor diesem Hintergrund haben diverse Schulen der deutschsprachigen Schweiz mehrheitlich bottom-up damit begonnen, ihren Unterricht in Richtung personalisierten Lernens weiterzuentwickeln, unter anderem durch den Einbezug von digitalen Medien (Petko et al., 2017). Insbesondere Schulprojekte mit umfassenden Unterrichtsentwicklungstätigkeiten werden in der Forschungsliteratur mit Blick auf eine erfolgreiche Medienintegration als vielversprechend angesehen, da nebst der Individualebene meist auch die Strukturen und Prozesse auf der organisatorischen Ebene mitberücksichtigt werden (Prasse, 2012). Wie und in welchem Umfang digitale Medien in Schulen mit Formen des personalisierten Lernens eingesetzt werden, wurde im deutschsprachigen Raum bislang jedoch noch nicht erforscht (Petko et al., 2017; Schaumburg, 2021; Stebler et al., 2021). Auch international liegen es erst wenige empirische Untersuchungen vor, die in Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten den allgemeinen Einsatz digitaler Medien und deren Wirksamkeit analysiert haben (Bingham et al., 2018; Lee et al., 2021; Zhang, Basham et al., 2020).

Ziel und Datengrundlage der Arbeit

In Anbetracht dieser Forschungslücke bestand das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit darin, die Rolle von digitalen Medien in Deutschschweizer Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernformen mittels einer Mixed-Methods-Studie zu untersuchen. Im Zentrum der Analyse standen zwei Dimensionen („offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien“ und „Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien“). Auf der Angebotsseite des personalisierten Unterrichts wurden die von den Lehrpersonen orchestrierten, *durch digitale Medien unterstützten offenen Lehr- und Lernformen* wie beispielsweise Planarbeit oder Projektunterricht mit Einbezug von Computern untersucht. Auf der Nutzungsseite wiederum wurde erforscht, ob und wie häufig die Schüler:innen beim *Lernen mit digitalen Medien die Vorgehensweise, den Lerninhalt oder die Zeiteinteilung mitbestimmen*

können. Für solche Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten beim Lernen mit digitalen Medien stellen offene Lehr- und Lernformen eine Voraussetzung dar. Ausgehend von den beiden Dimensionen wurden die Zusammenhänge mit den selbst eingeschätzten ICT-Kompetenzen der Schüler:innen, ihren Überzeugungen zum Lernen mit digitalen Medien (Artikel 1) sowie der Unterrichtsqualität aus der Sicht der Schüler:innen (Artikel 2) untersucht. Zur Vertiefung der quantitativen Analyse wurden zudem drei Fallstudien erstellt, in denen erforscht wurde, wie digitale Medien in personalisierten Unterrichtformen eingesetzt worden sind (Artikel 3).

2 Personalisiertes Lernen

Dieses Kapitel vermittelt einen Überblick über das vielschichtige Konzept des personalisierten Lernens, das mit Blick sowohl auf den englischsprachigen als auch auf den deutschen Bildungsraum beschrieben wird. Da sich die Verläufe der konzeptuellen Entwicklung je nach kulturellem Kontext unterscheiden, werden teilweise abweichende Schwerpunktsetzungen vorgenommen. Des Weiteren werden Gemeinsamkeiten des Ansatzes des personalisierten Lernens mit ähnlichen didaktischen Konzepten erläutert und zugleich konzeptuelle Differenzierungen aufgezeigt.

2.1 Begriffsentstehung mit Fokus auf den englischsprachigen Raum

In Grossbritannien erfolgte in den späten 1990er-Jahren eine der ersten Bildungsreformen unter dem Oberbegriff „personalised learning“. Der damalige Premierminister Tony Blair und der Bildungsminister David Miliband hatten personalisiertes Lernen als bildungspolitisches Konzept eingeführt und dieses mit fünf strategisch zentralen Dimensionen im Schulreformkonzept verankert (DfES, 2004b):

- 1) Assessment for learning: Die individuellen Lernstände der Schüler:innen werden erfasst und es wird regelmässig individuelles Feedback gegeben;
- 2) Effective teaching and learning strategies: Auf der Grundlage der individuellen Lernstände werden die Lernsettings angepasst, sodass eine möglichst optimale Passung zwischen Angebot und Nutzung erreicht werden kann;
- 3) Curriculum entitlement and choice: Nebst den Pflichtteilen werden auch Wahlmöglichkeiten innerhalb des curricularen Rahmens ermöglicht;

- 4) A student-centered approach to school organisation: Die Leitbilder der Schulen fokussieren auf die Schüler:innen und deren individuelle Bedürfnisse, um eine möglichst hohe Unterrichtsqualität sowie ein positives Lernklima zu erreichen;
- 5) Strong partnership beyond the school: Nebst der Zusammenarbeit innerhalb der Schule werden auch die Erziehungsberechtigten und weitere schulexterne Akteure wie die Gemeinden oder soziale Institutionen als wichtige Partner betrachtet und entsprechend in die Zusammenarbeit miteinbezogen.

Kurz gefasst stehen bei diesem personalisierten Lernverständnis die Schüler:innen mit ihren Interessen, Voraussetzungen und Fähigkeiten im Zentrum, was im Bericht von Pollard und James (2004) anhand von evidenzbasierten Fallbeispielen konkret aufgezeigt wird. In diesem Bericht werden neben anderen Elementen auch digitale Medien explizit als „key element of successful personalised learning“ beschrieben, worauf in Kapitel 3 näher eingegangen wird.

Nebst Grossbritannien haben auch weitere englischsprachige Länder wie Australien (z.B. Waldrup et al., 2014, 2016), Kanada (z.B. Gierl et al., 2018) und die USA mit besonders intensiven Anstrengungen (z.B. Pane et al., 2017; Sebba et al., 2007; Underwood et al., 2007; Zhang et al., 2020) personalisierte Lehr- und Lernkonzepte in den Schulen implementiert und erforscht (siehe auch Kapitel 3.3). Insbesondere in den USA sind viele didaktische Handreichungen zum Ansatz des personalisierten Lernens entstanden, wie z.B. jene von Bray and McClaskey (2015, 2017). Ebenso wie Miliband (2006) haben auch Bray und McClaskey (2015) die Schüler:innenmitbestimmung und Wahlmöglichkeiten („students’ voice and choice“) als zentrale Aspekte des personalisierten Lernens hervorgehoben. Die Schüler:innen sollen eine Stimme erhalten, wobei davon ausgegangen wird, dass sie die Fähigkeit besitzen, selbst einschätzen zu können, wie sie am besten lernen. Dieser Basisannahme entsprechend erhalten sie ein Mitspracherecht in Bezug auf Lernwege und Lernressourcen, wodurch auch eine Übergabe der Verantwortung hin zu den Schüler:innen erfolgt. Die Lehrperson nimmt beim Lernprozess die Rolle eines Coaches ein und unterstützt wirksam, sodass die Schüler:innen selbstreguliert fachliche sowie überfachliche Lernfortschritte erzielen können und dabei lernen, ihren Lernprozess selbst zu überwachen (Bray & McClaskey, 2015). Diese Schwerpunktsetzung wird auch als Unterscheidungsmerkmal zur Abgrenzung von ähnlichen Konzepten wie Individualisierung und Differenzierung herangezogen (siehe Kapitel 2.3).

In Ergänzung zu den Handreichungen und somit zur praktischen Erprobung des propagierten Ansatzes wurden diverse Schulprojekte lanciert (Stebler et al., 2018). Ein bekanntes Projekt der RAND Corporation, das von der Bill-&Melinda-Gates-Stiftung finanziert wurde, hat in den USA die personalisierten Lehr- und Lernkonzepte von 23

öffentlichen Schulen evaluiert. Auf dieser Datenbasis liessen sich gemäss Bingham et al. (2018) vier zentrale Komponenten von personalisierten Lernansätzen identifizieren: 1. Lernprofile, die anhand der Lernstärken, -schwächen, -interessen und -ziele laufend aktualisiert werden; 2. persönliche Lernwege, die massgeschneidert an die Lernfortschritte, Bedürfnisse, Motivationen und Ziele der Schüler:innen anpasst werden 3. kompetenzbasierte Orientierung, bei der die Lernfortschritte der Schüler:innen basierend auf den Lernzielen kontinuierlich bewertet werden; 4. flexible Lernumgebungen, die auf die individuellen Bedürfnissen hinsichtlich Infrastruktur, Ort und Zeiteinteilung eingehen. Ergänzend zu diesen vier Komponenten wird in den Evaluationsergebnissen auf die Differenzierung der Schüler:innen nach Lernniveau sowie auf den Einsatz digitaler Medien zur Unterstützung aller Komponenten hingewiesen (Bingham et al., 2018). Insbesondere in den USA sind die Diskussion und die Umsetzung von personalisierten Lehr- und Lernformen stark mit dem Einsatz von digitalen Medien verknüpft. Aufgrund gross angelegten nationalen Bildungsinitiativen unter dem Bildungsschlagwort Personalisierung wurden in den USA erhebliche finanzielle Aufwände betrieben, um individuelle Lernprozesse durch digitale Medien zu fördern (Enydey, 2014). Demzufolge wurde die Entwicklung von Lernplattformen und -programmen sowie intelligenten Lern- und Übungsprogrammen, die auf automatischen Algorithmen basieren, stark vorangetrieben (Enydey, 2014; Schaumburg, 2021). Diese Entwicklung und Verknüpfung des personalisieren Lernens mit digitalen Medien steht im Gegensatz zum deutschsprachigen Raum, auf den nachfolgend näher eingegangen wird.

2.2 Begriffsentstehung mit Fokus auf den deutschsprachigen Raum

Im deutschsprachigen Raum ist der Begriff des personalisierten Lernens erst vereinzelt zu finden und daher im Schulkontext im Vergleich zum englischsprachigen Raum eher selten anzutreffen (Agostini et al., 2018; Schaumburg, 2021; Schratz, 2010; Stebler et al., 2018). Wird jedoch von einer expliziten Begriffsverwendung abgesehen, so wird die Diskussion rund um eine „neue Lehr- und Lernkultur“ mit der Intention, den Unterricht an die individuellen Voraussetzungen der Schüler:innen zu adaptieren, schon seit Jahrzehnten geführt (Stebler et al., 2018, 2021), wie auch in der Einleitung dargestellt. Das Ziel dieser neuen Lehr- und Lernkultur besteht darin, einen produktiven Umgang mit der Heterogenität der Schüler:innen zu finden und gleichzeitig die starke Steuerung durch die Lehrperson zugunsten einer Orientierung am einzelnen Kind aufzuheben, wodurch die Schüler:innen Mitbestimmung und Wahlmöglichkeiten erhalten. Dies geschieht vor dem Hintergrund des übergeordneten Ziels der Schulbildung, das heisst einer ganzheitlichen Förderung der fachlichen und überfachlichen

Kompetenzen, was die Schüler:innen zu selbstständigem Denken und einer mündigen Teilhabe an der demokratischen Gesellschaft befähigen soll. In diesem Zusammenhang häufig diskutierte didaktische Konzepte wie Individualisierung (z.B. Dumont, 2019), innere Differenzierung (z.B. Trautmann & Wischer, 2009), offener Unterricht (z.B. Bohl & Kucharz, 2010) und erweiterte Lehr- und Lernformen (ELF) (z.B. Croci et al., 1995) versuchen mit verschiedenen Schwerpunktsetzungen, diese Forderung nach einer neuen Lehr- und Lernkultur umzusetzen. Der Ansatz des personalisierten Lernens stellt ein neues „Bildungsschlagwort“ dar, unter welchem jedoch diese didaktischen Konzepte subsumiert werden können (siehe auch Kapitel 2.3).

Obwohl andere Begriffe nach wie vor geläufiger sind, hält der Begriff „personalisiertes Lernen“ seit der Jahrtausendwende vermehrt auch Einzug in den deutschsprachigen Raum und es entstehen Schulentwicklungsprojekte in Richtung Personalisierung des Unterrichts (Stebler et al., 2021). In Deutschland zeigen beispielsweise Preisträgerschulen, wie es gelingen kann, den Unterricht mit einer starken Ausrichtung an den Schüler:innen und einer individuellen Förderung zu personalisieren (www.deutscher-schulpreis.de) (Stebler et al., 2021). In der Schweiz lassen sich ebenfalls Bestrebungen von Schulen finden, die ihren von Frontalunterricht dominierten traditionellen Unterricht auf der Grundlage einer grösseren Methodenvielfalt mit selbstgesteuertem Lernen weiterentwickelt haben. Im Grundsatz hatte diese Entwicklung hin zu einer verstärkten Personalisierung des Lernens mit der Implementierung von ELF jedoch bereits in den 1980er-Jahren ihren Anfang genommen (Pauli et al., 2003). Heute lässt sich feststellen, dass viele Schulen nebst Frontalunterricht auch Plan-, Projekt- oder Werkstattunterricht in Kombination mit verschiedenen Sozialformen durchführen und somit im Allgemeinen eine grössere Methodenvielfalt erreicht wurde (Schmid & Petko, 2019; Stebler et al., 2018).

Parallel zu solchen personalisierten Ansätzen wurden auch Unterrichtsmodelle entwickelt, welche die herkömmliche Unterrichtsorganisation infrage stellten. Ein Beispiel stellt das Churermodell dar (Thöny, 2017), das den Primarschüler:innen eine freie Platzwahl ermöglicht und dem zufolge die Inputs zu einer Lernaufgabe in einem Stuhlkreis erfolgen. Nebst der Raumgestaltung ist auch die Differenzierung des Lernangebots ein zentraler Aspekt dieses Modells, der es ermöglichen soll, besser auf die heterogenen Voraussetzungen insbesondere von Primarschüler:innen einzugehen (www.churermodell.ch).

Nebst den Weiterentwicklungen von Lehr- und Lernformen innerhalb der traditionellen Schulklasse und Anpassungen in der Raumgestaltung und -nutzung zeigen sich auch neuere Bestrebungen zu klassenübergreifenden Unterrichtsmodellen. Die Treiber hinter dieser

Entwicklung sind einzelne Volksschulen, die durch eine Änderung in der Gesetzgebung und die damit einhergehende Einsetzung von Schulleitenden mehr Gestaltungsfreiräume erhalten haben. Diese neu implementierten Schulleitungen erhielten unter anderem die Führungsverantwortung für Qualitätssicherung und -entwicklung an ihren Schulen. Dadurch wurden die Schulen teilautonom. Zudem wurde die integrative Beschulung gesetzlich verankert, wodurch Heilpädagog:innen und Lehrpersonen verpflichtend zusammenarbeiten müssen. Vor diesem Hintergrund sind klassenübergreifende Reformmodelle entstanden, welche die Absicht verfolgen, ihre Lernangebote besser an die unterschiedlichen Voraussetzungen der nun gewollt heterogeneren Lerngruppen anzupassen.

Ein Beispiel dafür stellt das Netzwerk der sogenannten „Mosaik-Sekundarschulen“ dar (www.mosaik-sekundarschulen.ch). Der Name „Mosaik“ steht als Akronym für die im Zentrum stehenden Aspekte „Motivation“, „Offenheit“, „Selbstwirksamkeit“, „Altersdurchmischung“, „Individualität“ und „Kooperation“. Umgesetzt werden sollen diese Aspekte durch einen individualisierten Unterricht und die Aufhebung von herkömmlichen Klassen nach Jahrgang und Typus „Sek A“ (Leistungsstärkere)/ „Sek B“ (Leistungsschwächere). Die leistungsheterogenen und teilweise altersdurchmischten Gesamtklassen haben in ihren Stundenplänen fixe Zeitfenster, in denen die Schüler:innen in einem offenen Raum selbstständig nach individuellen Lernplänen arbeiten. Diese Phasen des selbstständigen Lernens werden jedoch stets von Lehrpersonen begleitet, wozu viele Schulen zusätzliche Unterstützungsmassnahmen wie z.B. Eins-zu-eins-Coachinggespräche implementiert haben. Dadurch erhielt der Begriff des personalisierten Lernens auch in die Schweiz Einzug und findet sich nun vereinzelt in Leitbildern von Schulen sowie in einiger deutschsprachigen Forschungsliteratur explizit aufgeführt (Holmes et al., 2018; Pauli et al., 2017; Petko et al., 2017; Schratz, 2010; Stebler et al., 2018).

Insgesamt lässt sich für den deutschsprachigen Raum konstatieren, dass die Reformbewegungen in Richtung Personalisierung vorwiegend durch Einzelschulen (bottom-up) vorangetrieben wurden. Diese Entwicklung steht im Gegensatz zu den Top-down-Prozessen in Grossbritannien oder den USA, wo auf nationaler Ebene Programme zur Förderung von personalisierten Lehr- und Lernkonzepten lanciert wurden (u.a. Miliband, 2006; Zhang et al., 2020). Infolgedessen findet der Begriff des personalisierten Lernens im deutschsprachigen Raum noch vergleichsweise selten explizit Verwendung. Gleichzeitig wird mit Blick auf die verwandten didaktischen Konzepte der Individualisierung, der inneren Differenzierung, des offenen Unterrichts und der ELF jedoch deutlich, dass einige Bestrebungen hin zu verstärkter Personalisierung auch im deutschsprachigen Kontext bereits

seit längerer Zeit erfolgen (u.a. Bohl & Kucharz, 2010; Dumont, 2019; Stebler et al., 2018, 2021). Die Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen diesen im Grundsatz ähnliche Ziele verfolgenden Konzepten werden mit Blick auf den Ansatz des personalisierten Lernens im nächsten Kapitel näher beleuchtet.

2.3 Begriffsklärung im Vergleich zu ähnlichen Konzepten

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, liegen trotz des langjährigen Diskurses zu personalisiertem Lernen und den Implementierungen in Schulen nach wie vor keine klare Begriffsdefinition und keine einheitliche Operationalisierung des Ansatzes vor (Shemshack & Spector, 2020; Zhang, Basham et al., 2020). Dies dürfte zumindest teilweise auch darauf zurückzuführen zu sein, dass sich wie in Kapitel 2.2 festgehalten, bei der theoretisch-konzeptuellen Auseinandersetzung mit dem Ansatz wie auch bei dessen praktischer Umsetzung stets Überschneidungen mit ähnlichen didaktischen Konzepten ergeben, die im Zusammenhang mit einer neuen Lehr- und Lernkultur ebenfalls diskutiert werden. Daher wird nachfolgend zunächst auf Individualisierung, innere Differenzierung, offenen Unterricht sowie ELF eingegangen und anschliessend hervorgehoben, durch welche übergeordneten Dimensionen sich der Ansatz des personalisierten Lernens davon abgrenzt.

Mit Blick auf die Individualisierung besteht im wissenschaftlichen Diskurs weitestgehend Einigkeit darüber, dass deren Kern darin besteht, dass die Lehrperson das Lernangebot im individualisierten Unterricht den spezifischen Lernvoraussetzungen der einzelnen Schüler:innen anpasst (Dumont, 2019). Im Extremfall bedeutet dies, dass die Lehrperson für jede Schülerin und jeden Schüler ein eigenes Lernangebot entwickelt. Dies ist jedoch mit hohem Zeitaufwand verbunden und bedingt vonseiten der Lehrperson eine hohe diagnostische Kompetenz (Lipowsky & Lotz, 2015). Im Gegensatz zum sehr weit gehenden Ansatz der Individualisierung passt die Lehrperson das Lernangebot bei der inneren Differenzierung daher nicht an die einzelnen Lernenden an, sondern lediglich an eine möglichst homogene Gruppe von Schüler:innen innerhalb der Schulklasse (Bohl, Batzel, & Richey, 2011; Lipowsky & Lotz, 2015).

Sowohl die didaktischen Überlegungen hinter der inneren Differenzierung als auch die Grundsätze der Individualisierung sind im Konzept des offenen Unterrichts mitenthalten. Jedoch wird den Schüler:innen im offenen Unterricht zusätzlich ein Selbst- und Mitbestimmungsrecht gegeben. Im deutschsprachigen Raum wird die Öffnung des Unterrichts bereits seit den 1980er-Jahren gefordert und diskutiert (Bohl et al., 2012). Das Ziel der Forderung nach Unterrichtsöffnung bestand zu Beginn darin, den zu jener Zeit noch stark durch

die Lehrperson gesteuerten Unterricht durch mehr Aktivierung, Selbststimmung und Mitverantwortung der Schüler:innen zu verändern. Hinsichtlich der Umsetzung im Unterricht bestehen verschiedene Möglichkeiten. Auf organisatorischer Ebene kann es der Schülerin oder dem Schüler z.B. freigestellt werden, den Lernort, die Sozialform oder die Vorgehensweise bei einer Aufgabe zu bestimmen. Auf der inhaltlichen Ebene, z.B. bei Lernzielen oder Lerninhalten, ist eine Öffnung ebenfalls möglich. Insgesamt liegt der Fokus im offenen Unterricht darauf, den Schüler:innen (Mit-)Verantwortung zu übertragen, was eine gewisse Reflexionsfähigkeit erfordert. Dadurch sollen nebst den fachlichen Kompetenzen insbesondere auch überfachliche Kompetenzen gefördert werden (Bohl, Batzel, & Richey, 2011; Pauli et al., 2003).

Im Gegensatz zur konsequenten Öffnung des Unterrichts wurde insbesondere in der Schweiz das Konzept der ELF diskutiert, wie in der Einleitung bereits kurz dargestellt. Dieses fordert keine gänzliche Abschaffung des traditionellen Frontalunterrichts, sondern beabsichtigt eine Methodenergänzung durch von Schülerinnen und Schüler gesteuerte Lehr- und Lernformen (Pauli et al., 2003). Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, hat diese Ergänzung mittlerweile auf vielfältige Art und Weise stattgefunden, z.B. indem mittels Postenarbeit, Wochenplan-, Projekt- oder Werkstattunterricht eine grössere Methodenvielfalt angestrebt wird (Crocì et al., 1995). Mit Blick auf die dahinterstehenden didaktischen Überlegungen sollen im Unterricht mithilfe von ELF grundsätzlich vier Zielsetzungen erreicht werden: 1. Erhöhung des Grads der Selbststeuerung der Schüler:innen durch vermehrte Wahlmöglichkeiten innerhalb verbindlicher Vorgaben, 2. Erhöhung der Adaptivität des Unterrichts durch ein differenzierteres Lernangebot und individuelle Unterstützung der Schüler:innen, 3. Förderung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen durch Massnahmen zum Erlernen der Reflexion des eigenen Lern-, Arbeits- und Kommunikationsverhaltens und 4. hohe Eigenaktivität der Schüler:innen (Crocì et al., 1995; Pauli et al., 2003).

Wie bereits in Kapitel 2.2 erwähnt, stellt personalisiertes Lernen ein neues „Bildungsschlagwort“ dar, welchem die beschriebenen Reformelemente dieser Konzepte zugeordnet werden können. Wie die zuvor erläuterten didaktischen Ansätze basiert das Konzept des personalisierten Lernens auf einem sozialkonstruktivistischen Lernverständnis, gemäss dem die Schüler:innen Wissens- und Denkstrukturen aktiv in offenen bzw. erweiterten Lehr- und Lernumgebungen aufbauen (Keefe, 2007; Shemshack & Spector, 2020; Stebler et al., 2021). In der Schweiz zeigt sich jedoch, dass personalisiertes Lernen nicht mehr nur innerhalb einer Jahrgangsklasse sondern verstärkt auch klassenübergreifend in altersdurchmischten und leistungsheterogenen Klassen stattfindet (Stebler et al., 2021). Nebst diesem

Unterscheidungsmerkmal verschieben sich in Abgrenzung von verwandten didaktischen Konzepten wie Individualisierung und Differenzierung zudem die Urheber:innenschaft sowie die Verantwortung für das Lernen den Grundsätzen des offenen Unterrichts folgend von der Lehrperson zu den einzelnen Schüler:innen (Bray & McClaskey, 2015; Schratz, 2010; Stebler et al., 2018). Das bedeutet, die Schüler:innen sind für die Steuerung und die Gestaltung des je eigenen Lernens verantwortlich. Insgesamt wird der Förderung von überfachlichen Kompetenzen und in diesem Kontext auch der Förderung von umfassenderen Persönlichkeitsmerkmalen mehr Bedeutung zugewiesen (Stebler et al., 2018). Dadurch werden unter anderem den persönlichen Interessen der Schüler:innen vermehrt Beachtung geschenkt, in dem ihnen mehr Spielraum zur Mitbestimmung gegeben wird. Bray und McClaskey (2015, 2017) vertreten diesbezüglich die Ansicht, dass die Schüler:innen wüssten, wie sie am besten lernen, und in der Lage seien, ihr Lernen zu überwachen sowie zu reflektieren, weshalb sie im Hinblick auf die Dimensionen von Raum, Zeit, Inhalten und Methoden ihres Lernens selbst (mit)entscheiden dürfen sollen. Dieser Fokus auf die Mitbestimmung und die Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen („students’ voice and choice“) wird häufig als ein weiteres zentrales Merkmal zur Unterscheidung von den zuvor erläuterten Konzepten angesehen (Bray & McClaskey, 2015; DeMink-Carthew & Netcoh, 2019; Gross et al., 2018). Ferner werden beim Konzept des personalisierten Lernens im Lernprozess auch kooperative Elemente mitberücksichtigt und über den Unterricht hinaus Kooperationen mit Eltern und Schulexternen angestrebt (Miliband, 2006; Vasarik Staub et al., 2018). Dies stellt ein weiteres Unterscheidungsmerkmal zur Individualisierung und Differenzierung dar.

Obwohl sich durch die Schüler:innenzentrierung die Rolle der Lehrperson verändert, ist eine kompetente Lehrperson keinesfalls „wegzudenken“. Vielmehr müssen Lehrpersonen zur Initiierung und Förderung von Lernprozessen einerseits aktivierende Lernangebote in offenen Lehrumgebungen bereitstellen und andererseits den Schüler:innen adäquate und kompetente Unterstützung beim selbstgesteuerten Lernen zukommen lassen (Drexler, 2010), zumal die Schüler:innen diese Art des Arbeitens zu Beginn erst noch zu erlernen haben.

In Bezug auf die Umsetzung des Konzepts zeigen sich in der Schulpraxis vielfältige Implementierungsformen und grosse Unterschiede sowohl zwischen den verschiedenen Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten als auch innerhalb der Schulen selbst: „Die personalisierende Unterrichtsgestaltung gibt es nicht“ (Stebler et al., 2021, S. 419). Einige Schulen heben den traditionellen Lektionentakt auf. Andere Schulen unterrichten nicht mehr hauptsächlich im herkömmlichen Klassenverband, sondern in jahrgangsübergreifenden Lerngruppen in binnendifferenzierten Lernlandschaften, was bereits als ein

Unterscheidungsmerkmal zu bekannten Konzepten genannt wurde. Bei den verschiedenen Implementierungsformen kommen in unterschiedlicher Intensität oft auch digitale Medien als Hilfsmittel zum Einsatz (u.a. Petko et al., 2017).

Wie die bisherigen Ausführungen zu personalisiertem Lernen aufzeigen, lässt sich das Konzept weder klar definieren, noch ist es gänzlich neu. Trotz dieser konzeptuell noch unzureichend geklärten Situation lassen sich nach Stebler, Pauli und Reusser (2018) hinsichtlich der Gestaltung von personalisierten Lehr- und Lernumgebungen fünf Kerndimensionen identifizieren, die als allgemeine Charakteristika aufgefasst werden können:

1) *Unterrichtsangebote an die personalen Bildungs- und Lernvoraussetzungen von Lernenden und Lerngruppen anpassen:* Binnendifferenzierung, Individualisierung, adaptive Unterrichtsgestaltung, Anpassung von Bildungsangeboten an die Fähigkeiten der Lernenden, individuelle Förderung schwacher und starker Lernender.

2) *Personale und soziale Kompetenzen aufbauen; Schüler/innen in ihrer Persönlichkeit ganzheitlich fördern:* mehrdimensionales Wirkungsverständnis von Bildung; fachlicher und überfachlicher Kompetenzaufbau; kritisches Denken; Kultivierung von Dialogfähigkeit, Sozial- und Lernkompetenzen, Einstellungen und Haltungen.

3) *Selbstgesteuertes Lernen auf eigenen Wegen ermöglichen:* eigenständiges, als selbstwirksam erlebtes Lernen mit Autonomiespielräumen und Wahlmöglichkeiten bezüglich Themen, Lernwegen, Lernzeittaktung und Lernorten; Verfügbarkeit und Nutzung von Lernwerkzeugen.

4) *Als Lernende kompetenzorientiertes Lernen zur persönlichen Sache machen:* Selbstverpflichtung zu Anstrengung und Übernahme von (Mit-)Verantwortung für zielerreichendes Lernen; Bereitschaft, sich an verbindlichen Kompetenzerwartungen und Gütemaßstäben zu messen.

5) *Als Lehrperson und Lerngemeinschaft bildend und unterstützend wirken:* ‚Ansteckung‘ (*contagion*), Lerndialog und Zusammenarbeit: als Lehrpersonen begeistern, zumuten, herausfordern; miteinander und voneinander lernen; ko-produktives, wechselseitiges Lernen an gemeinsamen Gegenständen und Aufgaben. (Stebler et al., 2018, S. 165)

Ziel aller fünf Dimensionen ist eine möglichst hohe Passung zwischen dem Unterrichtsangebot, das von der Lehrperson bereitgestellt wird, und der Nutzung seitens der heterogenen Lerngruppen herzustellen. Dabei werden nicht nur fachliche, sondern ebenso überfachliche Bildungsziele wie beispielsweise die Förderung von umfassenden Persönlichkeitsmerkmalen oder auch der Aufbau von ICT-Kompetenzen verfolgt. Während sich die erste und die fünfte Kerndimension auf das Unterrichtsangebot beziehen, fokussieren die anderen drei Dimensionen auf die autonome Nutzung der Lerngelegenheiten. Gemäss Stebler et al. (2018) lässt sich insbesondere dieser ausgeprägte Fokus auf die Nutzungsseite (zweite bis vierte Dimensionen) als Mehrwert des personalisierten Lernens gegenüber ähnlichen Konzepten wie

Individualisierung und Differenzierung auffassen. Durch diese Fokussierung der Angebotsnutzung wird die Verschiebung der Verantwortung und der Urheberschaft von der Lehrperson hin zur einzelnen Schülerin und zum einzelnen Schüler hervorgehoben. Zudem werden überfachliche Bildungsziele (zweite Dimension) im Vergleich zu individualisiertem Lernen sowie dem Konzept der Differenzierung stärker gewichtet.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass im Diskurs über eine neue Lehr- und Lernkultur bereits seit Ende den 1980er-Jahren diskutierte didaktische Konzepte eine möglichst hoch ausgeprägte Passung zwischen dem Unterrichtsangebot und dessen Nutzung durch die Schüler:innen angestrebt hatten. Der Ansatz des personalisierten Lernens strebt dies ebenso an, legt den Schwerpunkt jedoch auf die Schüler:innen und somit auf die Nutzungsseite des Unterrichts. Es werden nebst den fachlichen auch die überfachlichen Bildungsziele wie beispielsweise die Förderung von umfassenderen Persönlichkeitsmerkmalen ins Zentrum gestellt. Die Schüler:innen lernen die Verantwortung für die Planungs-, Entscheidungs- und Steuerungsprozesse ihres Lernens zu übernehmen und sollen gleichzeitig ihre persönlichen Interessen einbringen können. Durch diese zentrale Verschiebung der Verantwortung für den Lernprozess hin zu den Lernenden und durch die insgesamt stärkere Berücksichtigung überfachlicher Bildungsziele sollen die Schüler:innen vermehrt *Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten* in räumlichen, zeitlichen, inhaltlichen und methodischen Dimensionen erhalten (Basham et al., 2016; Bray & McClaskey, 2015; DeMink-Carthew & Netcoh, 2019; Miliband, 2006; Pane et al., 2017). Eine Voraussetzung dafür stellt die schon seit den 1980er-Jahren geforderte Unterrichtsöffnung durch *offene bzw. erweiterte Lehr- und Lernformen* wie beispielsweise (Wochen-)Plan-, Werkstatt- oder Projektunterricht dar (Crocì et al., 1995, Pauli et al., 2003). Zudem werden im Vergleich zur Individualisierung und Differenzierung auch kooperative Elemente explizit miteinbezogen, wodurch die Förderung einer Lerngemeinschaft stärkere Beachtung findet. Trotz dieser Fokusverschiebung und der damit einhergehenden vermehrten Selbsttätigkeit der Schüler:innen bleibt für lernwirksame Lernprozesse jedoch auch beim personalisierten Lernen adaptive Unterstützung von kompetenten Lehrpersonen nach wie vor unabdingbar (Drexler, 2010), was von Lehrpersonen unter anderem ein hohes Mass an diagnostischer Kompetenz erfordert. Inwiefern die mit dem Ansatz des personalisierten Lernens verbundenen Herausforderungen mithilfe von digitalen Medien besser bewältigt werden können und welches Potenzial diesen Lernwerkzeugen in offenen Unterrichtsformen zugeschrieben wird, wird im nächsten Kapitel dargelegt.

3 Digitale Medien zur Unterstützung von personalisiertem Lernen

Wie in Kapitel 2 festgehalten wurde, werden digitale Medien sowohl im englischsprachigen als auch im deutschsprachigen Raum zur Unterstützung personalisierten Lernens eingesetzt. Das vorliegende Kapitel setzt an diesem Aspekt an und fokussiert digitale Medien als ein zentrales Element des Ansatzes. Zu diesem Zweck erfolgt im ersten Unterkapitel zunächst eine Klärung des Verständnisses von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien. Darauf aufbauend wird auf das Unterstützungspotenzial digitaler Medien in personalisierten Unterrichtsgestaltungen eingegangen, wobei zwischen Veränderungen auf der Oberflächenstruktur des Unterrichts und den Potenzialen in den Tiefenstrukturen des Unterrichts unterschieden wird. Abgeschlossen wird das Kapitel durch eine Rekapitulation der empirischen Befundlage zur Wirksamkeit des personalisierten Lernens mit digitalen Medien.

3.1 Verständnis von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien

Die Diskussion zu personalisiertem Lernen ist im englischsprachigen Raum eng mit digitalen Medien verbunden, worauf in Kapitel 2.1 schon hingewiesen wurde. Bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts waren erste Versuche unternommen worden, um das Unterstützungspotenzial von digitalen Medien zur Individualisierung des Lernens zu nutzen, was als ein erster Entwicklungsschritt in Richtung Personalisierung verstanden werden kann (Pressey, 1950). Eine der ersten Lehrmaschinen, die gemeinhin als Vorgänger der bekannten „teaching machine“ von B. F. Skinner gilt, entwickelte S. L. Pressey (Pressey, 1950; Skinner, 1961). Auf den Prinzipien des Behaviorismus aufbauend präsentierte diese Lehrmaschine von Pressey nach dem Multiple-choice-Prinzip verschiedene Antworten, woraus die Schüler:innen die Richtige auswählen mussten. Erst nach richtiger Beantwortung wurde mittels eines mechanischen Verfahrens die nächste Frage angezeigt. Die in den 1960er-Jahren auf dieser Grundlage weiterentwickelte „teaching machine“ von Skinner war eine Holzkiste mit neu zwei Sichtfenstern, die ebenfalls nach dem behavioristischen Lernverständnis funktionierte: Im ersten Fenster konnten die Schüler:innen die Frage auf Papier lesen, während im zweiten Fenster die Antwort mit einem Stift notiert werden musste. Nach der Beantwortung wurde der Papierstreifen mechanisch weitergerückt, weshalb die Antwort nicht mehr bearbeitet werden konnte. Gleichzeitig wurde im ersten Fenster die korrekte Antwort sichtbar (Skinner, 1961). Die Schüler:innen erhielten auf diese Weise automatisiert und unmittelbar eine Rückmeldung. Diesbezüglich ist jedoch zu bedenken, dass unter Einsatz eines solchen mechanischen Funktionsprinzips nur sehr spezifische und konkrete Fragen mit einer eindeutigen Lösung gestellt werden konnten (Holmes et al., 2018). Dieser behavioristisch geprägte Typ von

Lehrmaschinen wurde später weiterentwickelt, wodurch es beispielsweise möglich wurde, den Lerninhalt zu variieren (Heinen & Kerres, 2015). Die Arbeit mit solchen Lehrmaschinen wird heute von einigen Forschenden als erster Entwicklungsschritt des personalisierten Lernens mit digitalen Medien angesehen, da das Lerntempo erstmals individuell von den einzelnen Schüler:innen bestimmt werden konnte (Holmes et al., 2018).

Eine weitere wichtige technologische Entwicklung stellten die sogenannten „Intelligenten Tutoring Systeme“ (ITS) dar, die ihren Ursprung in den 1980er-Jahren hatten und in den Anfängen vorwiegend individualisiertes Lernen unterstützten (Heinen & Kerres, 2015). ITS können als Lernsysteme mit Merkmalen menschlicher Tutoren und dem Charakteristikum der Adaptivität, im Sinne eines Vorläufers der Personalisierung, beschrieben werden. Trotz unterschiedlichen Möglichkeiten und Lernprinzipien der ITS gibt es gemäss Graesser et al. (2018) übergeordnete Komponenten zur Interaktivität, Adaptivität und Rückmeldung, mit denen sich alle ITS beschreiben lassen: Das System reagiert systematisch auf die Aktionen der Lernenden (Interaktivität) und präsentiert Lernangebote, die vom Verhalten, dem Wissen und den Eigenschaften des Lernenden abhängig sind (Adaptivität). Die Schüler:innen erhalten vom System sofort eine Rückmeldung zur Qualität ihrer Leistung sowie zu Verbesserungsmöglichkeiten (Rückmeldung) (Graesser et al., 2018). Um jedoch die Lernangebote entsprechend des individuellen Lernstandes adaptieren zu können, ist eine komplexe Programmierung erforderlich, die vordefinierte Daten der Schüler:innen sammelt, wie beispielsweise die Bearbeitungszeit oder die Anzahl richtiger und falscher Testantworten (Petko & Reusser, 2005).

Die ursprünglichen ITS haben sich in der Schulpraxis kaum verbreitet, was zumindest teilweise mit dem enormen Entwicklungs- sowie Instandhaltungsaufwand zusammenhängen dürfte (Kerres, 2002; Kulik & Fletcher, 2015; Schaumburg, 2015). Des Weiteren fehlte den Schüler:innen jegliche Kontrolle in Bezug auf die Adaptivität, was mit dem Aufkommen des konstruktivistischen Lernverständnisses vermehrt infrage gestellt wurde (Petko & Reusser, 2005). Im gegenwärtigen internationalen wissenschaftlichen Diskurs erhielten intelligente Lernsysteme jedoch erneut Aufmerksamkeit, und zwar im Kontext von neuen Strömungen wie „learning analytics“, „big data mining“ und „artificial intelligence“ (Baker & Inventado, 2014; Van Schoors et al., 2021). Das Ziel besteht nach wie vor darin, die individuellen Lernstände identifizieren zu können und für eine grosse Anzahl von Schüler:innen unmittelbar ein passendes Lernangebot, Instruktion sowie individuelles Feedback bereitstellen zu können. Zu diesem Zweck können nun grosse Datenmengen wie z.B. Logfiles der Schüler:innen automatisch ausgewertet und zur Adaption genutzt werden. „Teach to One 360“ oder „Cognitive

Tutor“ sind Beispiele für ITS, die auf „artificial intelligence“ basieren und derzeit in den USA zur Unterstützung des Mathematikunterrichts eingesetzt werden (Trautmann, 2021).

Aus dieser kurzen und punktuellen Rekapitulation der Entwicklungsgeschichte lässt sich entnehmen, dass mit technischen Entwicklungen seit jeher die Absicht verbunden war, die individuellen Lernvoraussetzungen im Vergleich zum instruktionalen Frontalunterricht, der lange Zeit dominiert hatte, besser berücksichtigen zu können. Heute sind digitale Medien zum Personalisieren des Lernens nicht mehr wegzudenken und gewinnen zunehmend an Bedeutung (Gierl et al., 2018; Lee et al., 2021; Xie et al., 2019; Zhang, Basham et al., 2020). Xie et al. (2019) zeigten in einem Review zu personalisiertem Lernen mit digitalen Medien auf, dass verschiedene technologische Implementierungen wie intelligente Lernsysteme, die Analyse individueller Lerndaten oder die Berücksichtigung der individuellen Lernpräferenzen massgeblich zur Ermöglichung personalisierten Lernens beitragen können. Zudem wird deutlich, dass die Begriffe „adaptives Lernen“ und „personalisiertes Lernen“ im Zusammenhang mit digitalen Medien in der empirischen Forschung häufig als Synonyme verwendet werden (Xie et al., 2019). Doch es gilt in Anlehnung an die Ausführungen in Kapitel 2.3 die beiden Begriffe klar zu unterscheiden. Obschon beide Ansätzen bei der Technologieintegration darauf abzielen, den unterschiedlichen Lernbedürfnissen der Schüler:innen so weit wie möglich gerecht zu werden (z.B. Gómez et al., 2014), fehlen beim adaptiven Lernen mit digitalen Medien zentrale Personalisierungsaspekte wie beispielsweise die Verschiebung der Verantwortlichkeit sowie die Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen. Shemshack und Spector (2020) stellten in ihrem Review zu personalisiertem Lernen diesbezüglich fest, dass der Ansatz des personalisierten Lernens häufig im Sinne einer digitalen Lernumgebung verstanden werde, die sich an Wissen, Erfahrungen und Interessen des einzelnen Individuums anpasse, um effektiv und effizient bestmögliche Lernergebnisse zu unterstützen. Attwell (2007) wiederum weist in diesem Zusammenhang explizit darauf hin, dass personalisierte Lernumgebungen nicht als eine Applikation verstanden werden sollten, sondern als Summe von verschiedenen und unter anderem von den Schüler:innen selbstausgewählten digitalen Werkzeugen (wie z.B. Instant Messaging, Präsentationssoftware, Suchmaschinen etc.), die sie im täglichen Leben unterstützend zum Lernen verwenden können. Auch der amerikanische National Education Technology Plan (USDOE, 2017) betrachtet digitale Medien als Unterstützungstools, die bei sorgfältiger Planung und gut durchdachter Anwendung die Wirkung von Unterrichtsmethoden fördern können.

Insgesamt zeigt der Blick in die Forschungsliteratur, dass ein einheitliches Verständnis von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien fehlt (Bingham et al., 2018; Lee et al., 2021;

Shemshack & Spector, 2020; Van Schoors et al., 2021; Xie et al., 2019). Es wird eine Vielzahl von Dimensionen in unterschiedlichen Variationen unter dem Konzept subsumiert und die Umsetzungsformen variieren erheblich (Major et al., 2021; Van Schoors et al., 2021; Xie et al., 2019). Werden die verschiedenen Auffassungen von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien jedoch unter Bezugnahme auf entsprechende Forschungsergebnisse analysiert, so lassen sich zwei grosse Stossrichtungen identifizieren (Lee et al., 2018; Zhang, Basham et al., 2020):

- 1) Eine Richtung scheint die technologische Innovation selbst als personalisiertes Lernen zu verstehen. Durch den Einsatz von adaptiven Lerntechnologien wird nach dieser Auffassung personalisiertes Lernen ermöglicht. Den Schüler:innen wird eine spezifische Software zur Verfügung gestellt, die ihren Lernprozess überwacht, diesen bewertet und die Lernaufgaben mittels eines Algorithmus automatisch anpasst (Gierl et al., 2018; Huang et al., 2012; McLoughlin & Lee, 2010; Peng et al., 2019). Diese Auffassung steht in enger Verbindung mit den zuvor beschriebenen intelligenten Lernsystemen und basiert tendenziell auf einem behavioristisch-kognitivistischen Lernverständnis (Schaumburg, 2021; Shemshack & Spector, 2020). Die Steuerungskontrolle liegt bei der Software der adaptiven Lernprogramme. Die grosse Mehrzahl der empirischen Forschungsarbeiten hat bis anhin einzelne technologische Innovationen zur Personalisierung des Lernens untersucht (Zhang, Basham et al., 2020).
- 2) Die zweite Verständnisrichtung erachtet digitale Medien ausschliesslich als Hilfsmittel, die den personalisierten Unterricht unterstützen können (Attwell, 2007; Basham et al., 2016; Bingham et al., 2018; Lee et al., 2018; Petko et al., 2017; Schaumburg, 2021). Die Steuerungskontrolle liegt hier bei den Schüler:innen, die innerhalb der vorgegebenen Rahmenbedingungen entscheiden, in welcher Form sie die digitalen Medien zur Gestaltung ihrer individuellen Lernprozesse nutzen. Des Weiteren liegt der Fokus auf einer Kombination von verschiedenen digitalen Hilfsmitteln, die adaptive Lernprogramme beinhalten kann, doch ebenso alltägliche Software wie zum Beispiel ein Textverarbeitungsprogramm.

Viele Schulen haben mittlerweile damit begonnen, ihren Unterricht in Richtung personalisierten Lernens weiterzuentwickeln. Um durch digitale Medien unterstützte personalisierte Lernumgebungen nutzen zu können, benötigen die Schüler:innen allerdings entsprechende ICT-Kompetenzen (Bray & McClaskey, 2015; Stebler et al., 2021). Die Förderung der ICT-Kompetenzen als Teil der überfachlichen Kompetenzen ist deshalb notwendig und stellt insgesamt ein wichtiges Bildungsziel dar, welches beim Ansatz des

personalisierten Lernens auch ins Zentrum gerückt wird, wie in Kapitel 2.3 bereits dargestellt wurde. Mit Blick auf die bisherige Entwicklung hin zu personalisierten Unterrichtsformen zeigt sich, dass verschiedene digitale Medien wie beispielsweise verschiedene fachspezifische Lern- und Übungsprogramme und Lernplattformen zur Unterstützung eingesetzt werden. Um diesen allgemeinen Einsatz verschiedener digitaler Medien innerhalb von personalisierten Unterrichtspraktiken an Schulen besser zu verstehen, benötigt es vermehrt Untersuchungen, die im Sinne der zweiten Verständnisrichtung den Einsatz verschiedener digitalen Medien in Schulen mit personalisierten Unterrichtsformen erforschen (Bingham et al., 2018; Lee et al., 2018). Dazu benötigt es jedoch eine konkrete Begriffsbestimmung des Konstrukts „personalisierten Lernens mit digitalen Medien“, so dass ein Vergleich basierend auf einer Operationalisierung möglich wird. Vor diesem Hintergrund fokussiert die vorliegende Arbeit in Anlehnung an Kapitel 2.3 auf zwei charakteristische Dimensionen und orientiert sich dabei an der zweiten dargestellten Verständnisrichtung bezüglich des Einbezugs von digitalen Medien (siehe Abbildung 1).

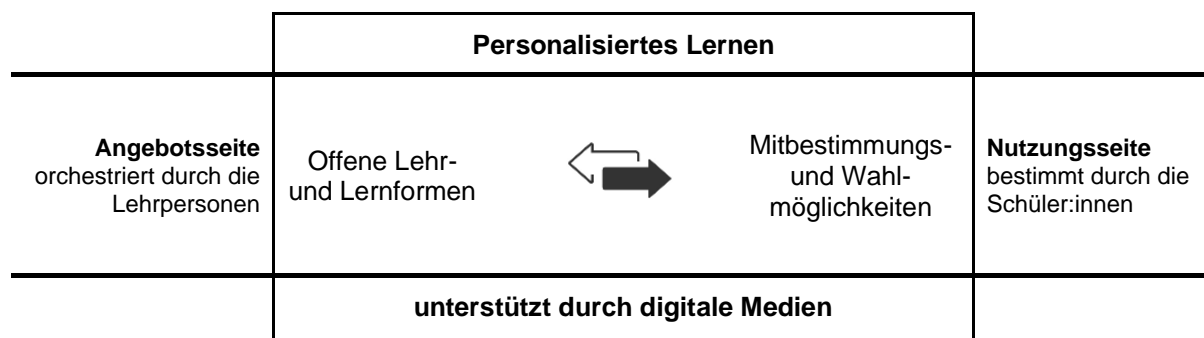


Abb. 1: Begriffsbestimmung von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien

Zum einen werden auf der Angebotsseite die von den Lehrpersonen orchestrierten *offenen Lehr- und Lernformen unterstützt durch digitale Medien* als charakteristischen Aspekt des personalisierten Unterrichts hervorgehoben (Crocì et al., 1995; Pauli et al., 2003). Mögliche Umsetzungsformen sind beispielsweise Planarbeit oder auch Projektunterricht mit Einbezug digitaler Medien, in welchen die Lehrpersonen die Schüler:innen beim selbstständigen Lernen mit digitalen Medien adaptiv unterstützen. Auf der Nutzungsseite steht der Aspekt, ob und wie häufig *die Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien die Vorgehensweise, den Lerninhalt oder die Zeiteinteilung mitbestimmen*, im Zentrum (Bray & McClaskey, 2015; DeMink-Carthew & Netcoh, 2019; Miliband, 2006; Stebler et al., 2018). Dabei stellen offen konzipierte Lehr- und Lernformen, in welchen die Schüler:innen zu grossen Teilen selbstständig an

Lernaufträgen mit digitalen Medien arbeiten, eine Voraussetzung für Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen dar. Fehlt dieser charakteristische Aspekt auf der Nutzungsseite, wodurch die Schüler:innen folglich keine Möglichkeiten haben ihr Lernen inhaltlicher, zeitlicher oder methodischer Art mitzubestimmen, handelt es sich nicht mehr um personalisiertes Lernen sondern um eine Form der Individualisierung oder Differenzierung. Insgesamt kann personalisiertes Lernen als Summe von offenen Lehr- und Lernformen – konzipiert durch die Lehrpersonen – und Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen definiert werden, die sich gegenseitig beeinflussen und zu einem gewissen Grad auch bedingen. Dies wird in der Abbildung 1 dargestellt, in welcher zudem die Umrahmung der beiden Dimensionen visualisiert, dass personalisiertes Lernen durch *verschiedene digitale Medien im Sinne von Hilfswerkzeugen* unterstützt werden kann (Attwell, 2007; Bingham et al., 2018; Petko et al., 2017; Schaumburg, 2021). Auf diese Unterstützungspotenziale soll im nächsten Kapitel näher eingegangen werden.

3.2 Potenziale digitaler Medien in personalisiertem Unterricht

In der Forschung herrscht weitgehender Konsens, dass digitale Medien personalisierten Unterricht unterstützen können, sofern die Integration didaktisch sinnvoll umgesetzt wird (Basham et al., 2016; Holmes et al., 2018; Murphy et al., 2016; Pane et al., 2017; C. Reigeluth, 2017; Stebler et al., 2021). Im Folgenden werden vier grosse Potenziale beschrieben, die sich bei der Integration digitaler Medien im personalisierten Unterricht ergeben können (Iron & Scheiter, 2018; Petko, 2020).

- 1) *Das Lernangebot und die Lernprodukte können durch die Integration von digitalen Medien multimedialer veranschaulicht und dargestellt bzw. produziert werden.*

Durch die Ergänzung mit zusätzlichen, digital vorliegenden Quellen können Lerninhalte vereinfacht multimedial aufbereitet werden, wobei bei der Verknüpfung von textlichen, visuellen und auditiven Informationen die Gestaltungsprinzipien nach Mayer (2020) im Hinblick auf die Lernwirksamkeit berücksichtigt werden sollten. Zum Beispiel lassen sich Informationen mit Text und Bild oder auch mit einer audiovisuellen Darstellung in der Regel besser erfassen, als dies der Fall ist, wenn Informationen ausschliesslich in schriftlicher oder ausschliesslich in visueller Form dargeboten werden. Weiter ist bei der Gestaltung von Lehrvideos und instruktionalen Bildern das Sparsamkeitsprinzip zu beachten, welches besagt, möglichst wenige überflüssige Informationen zu zeigen und Informationen wie beispielsweise Ton und Bild in einem Video kohärent zu gestalten (Petko, 2020). Zudem können durch ein

multimediales Lernangebot die Lernvoraussetzungen und Präferenzen der einzelnen Schüler:innen besser berücksichtigt werden (Irion & Scheiter, 2018; Schaumburg, 2015), was gerade für Ansätze des personalisierten Lernens von grosser Bedeutung ist. Beispielsweise können neben der Herstellung von Schreibprodukten auch Sprachproduktionen auf einfache Weise aufgenommen und bei der Lehrperson eingereicht werden. Dadurch kann der häufige Schwerpunkt auf schriftliche Produkte zu einem gewissen Grad ergänzt werden und der Präferenz der Mündlichkeit einiger Schüler:innen nachgekommen werden. Somit können sowohl das Lernangebot als auch die Lernprodukte multimedialer erarbeitet und dargestellt werden. Eine weitere Möglichkeit bieten die weitverbreiteten Smartphones, wodurch Fotoaufnahmen und Videos auf einfache Weise in den Unterricht integriert werden können, was in dieser unmittelbaren Form ohne Einbezug digitaler Medien nicht möglich wäre. Auch Videotutorials können gewinnbringend zur individuellen Förderung und somit als erweitertes Lernangebot eingesetzt werden (Schaumburg, 2015). Nebst deren gezieltem Einsatz im Unterricht können sich nun alle Schüler:innen via Internet auch zu Hause zu bestimmten Themen Hilfestellungen in Form von Erklärvideos suchen, wobei dies aber auch gewisse Kompetenzen hinsichtlich der gezielten Informationssuche bedingt. Viele Videos können in einem selbstgewählten Tempo abgespielt werden und bieten zudem Start-, Stopp- und Pausefunktionen, folglich können beliebige Sequenzen wiederholt angesehen werden (Petko, 2020). Dabei haben die Schüler:innen die Steuerelemente, wodurch sie die Parameter ihrer Lerngeschwindigkeit entsprechend anpassen können. Digitale Lernspiele als weiteres potenziell lernförderliches Medium können mit realitätsnahen Phänomenen erweiterte Möglichkeiten für aktive Lernformen eröffnen, wodurch Motivationsprozesse unterstützt werden können (Imlig-Iten, 2019). Gleichzeitig knüpfen digitale Lernspiele an der Lebenswelt der Schüler:innen an, was sich dadurch belegen lässt, dass nach Genner et al. (2017) mehr als die Hälfte der Kinder zwischen sechs und dreizehn Jahren in einer Befragung angegeben hatte, mindestens wöchentlich bis täglich Computerspiele zu spielen.

2) Durch den vereinfachten Zugang zu digitalen Informationen können individuelle Lerninteressen besser berücksichtigt werden.

Im personalisierten Unterricht bedeutet dies, dass die Lehrpersonen durch den schnellen Zugriff auf Informationen und die Informationsfülle den Schüler:innen auf einfachere Weise Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten anbieten können. Beispielsweise wird es obsolet, allen Schüler:innen im Bereich „Natur, Mensch, Gesellschaft“ je eine Erfinderin oder ein Erfinder mit den zugehörigen Informationsmaterial zuzuweisen. Unter Verwendung digitaler Ressourcen reicht es aus, das Thema „Erfinder:innen“ mit gegebenenfalls Ideenvorschläge

vorzugeben, von dem ausgehend sich alle Schüler:innen eine ihnen interessant scheinende Person aussuchen können. Diese stärkere Berücksichtigung der individuellen Lerninteressen kann gleichzeitig eine erhöhte Aufgabenrelevanz für die Schüler:innen herbeiführen, was sich im Durchschnitt positiv auf die Lernleistung auswirkt (Walkington & Bernacki, 2018). Allerdings erfordert dies auch Suchstrategien seitens der Schüler:innen sowie adaptive Unterstützung der Lehrperson, damit die Schüler:innen lernen, sich in der Informationsfülle zurechtzufinden und eine zweckmässige Auswahl zu treffen (Stebler et al., 2021), wie es auch im Zusammenhang mit dem ersten Potenzial bereits festgehalten wurde.

3) Digitale Medien eröffnen zusätzliche und interaktive Möglichkeiten das Üben zu unterstützen, wodurch auch Lerndefizite einfach aufgearbeitet werden können.

Dank der Möglichkeit einer sehr umfangreichen oder gar potenziell unendlichen Bereitstellung von zusätzlichen Aufgaben eignen sich Lernprogramme während der Phase des Übens. Somit können Lernprogramme gezielt zur individuellen Unterstützung beim Festigen des Wissens eingesetzt werden (Nattland & Kerres, 2006). Zu diesem Zweck können einfache Drill- und Practice-Übungssoftware mit Fehlerkorrektur, Tutorensysteme, Simulationen als digitale Experimentierumgebungen oder auch digitale Lernspiele eingesetzt werden (Petko, 2020). ITS erteilen beispielsweise den Schüler:innen nicht nur unmittelbar ein Feedback im Gegensatz zu einfachen Übungsprogrammen, sondern präsentieren auch entsprechend des Lernstands passende Übungsaufgaben (Kulik & Fletcher, 2015). Auf diese Weise kann die Bereitstellung eines individuellen Lernangebots zum Üben optimiert werden. Zudem entlastet der Einsatz solcher interaktiven Lernprogramme im Sinne von geduldigen Übungspartnern die Lehrperson beim Vorbereiten von Übungsmaterialien, wodurch sie die gewonnene Zeit beispielsweise für zusätzliche individuelle Feedbacks nutzen könnte.

4) Digitale Medien können die Kommunikation und Kooperation zwischen den Schüler:innen sowie mit den Lehrpersonen unterstützen.

Trotz täglicher Kommunikation in der Schule können verschiedene digitale Kommunikationstools Vorteile bieten, wenn diese ergänzend zum Präsenzunterricht eingesetzt werden. Mögliche digitale Kommunikationswerkzeuge sind: E-Mails, Chats, Foren, Audio- und Videokonferenzen (Petko, 2020). Ausserhalb der Schule nutzen Schüler:innen bereits häufig digitale Medien zur Kommunikation und Kooperation, wie beispielsweise zum Austausch beim Lösen der Hausaufgaben. Doch auch im Präsenzunterricht bieten digitale Medien Möglichkeiten, um kooperatives bzw. kollaboratives Arbeiten zu unterstützen (Irion & Scheiter, 2018). Beispielsweise eignen sich Wikis, um Inhalte zu einem Thema kollaborativ zu

verschriftlichen, strukturieren und editieren (Döbeli Honegger & Notari, 2013). Je nach Aufgabenstellung bietet sich ebenso ein einfaches Online-Textverarbeitungsprogramm zum kollaborativen Textverfassen an. Insgesamt lassen sich schriftliche Lernprodukte in Gruppenarbeiten mit digitalen Medien vereinfacht erstellen sowie modifizieren und zudem können multimediale Repräsentationsformen (Video, Audio, Bilder, Text) genutzt werden (Irion & Scheiter, 2018). Doch benötigt es besonders für das gemeinsame digitale Schreiben eine gute Einführung, so dass die Schreibprodukte über ein Anreihen von einzelnen Textteilen hinausgehen (Petko, 2020).

Ausgehend von diesen vier grundsätzlichen Potenzialen ist es zentral, dass der Medieneinsatz nicht nur als ein Element der *Sichtstruktur bzw. Oberflächenstruktur* betrachtet wird, sondern die Wirkung des Medieneinsatz auf *tiefenstruktureller Ebene* des personalisierten Unterrichts analysiert wird (Decristan et al., 2020; Klieme et al., 2006; Reusser, 2009). Während sich die Oberflächenstrukturen auf äusserliche, beobachtbare Merkmale beziehen, wie beispielsweise die Häufigkeit des Medieneinsatzes oder wozu bestimmte digitale Medien eingesetzt werden, zielen die Tiefenstrukturen auf die Prozessqualität der Lehr- und Lernprozesse ab. Daher sind Merkmale der Tiefenstruktur wie die kognitive Aktivierung, die Aufgabenqualität oder die adaptive Lernunterstützung im Hinblick auf die Lernleistung entscheidend, weshalb ihnen im Vergleich zu Merkmalen der Oberflächenstruktur ein deutlich grösserer Einfluss auf die Lernleistung zugeschrieben wird (Hattie, 2009; Klieme et al., 2009; Seidel & Shavelson, 2007).

Mit Blick auf die Unterscheidung zwischen der Oberflächen- und Tiefenstruktur des Unterricht ist festzuhalten, dass digitale Medien personalisierten Unterricht zwar unterstützen können, in erster Linie jedoch ein Merkmal der Oberflächenstruktur darstellen (Scheiter & Lachner, 2019). Folglich kann nicht davon ausgegangen werden, dass personalisierter Unterricht mit digitalen Medien per se wirksamer ist als traditionelle Unterrichtssettings oder personalisierter Unterricht ohne den Einsatz digitaler Medien. Vielmehr ist die Unterstützungsfunktion digitaler Medien in den Tiefenstrukturen entscheidend. Um die Qualität von Unterricht zu messen, werden in der empirischen Unterrichtsforschung häufig die folgenden drei Qualitätsdimensionen zur Operationalisierung genutzt (z.B. Fauth et al., 2014; Klieme et al., 2001; Lipowsky et al., 2009): kognitive Aktivierung, unterstützendes Unterrichtsklima (Klieme et al., 2009) bzw. konstruktive Unterstützung (Kunter & Voss, 2011) und effektive Klassenführung. Anhand dieser drei Dimensionen kann daher auch das Potenzial der Medienintegration für einen qualitätsvollen personalisierten Unterricht beschrieben werden:

Kognitive Aktivierung der Schüler:innen: Diese Dimension bezieht sich darauf, in welchem Ausmass der Unterricht eine aktive und verständnisorientierte Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben fördert. Diesbezüglich ist die Qualität der Aufgabenstellung zentral. Eine gute Aufgabenstellung zeichnet sich nebst der Aktivierung des Vorwissens dadurch aus, dass die Schüler:innen entsprechend ihren individuellen Möglichkeiten zielgerichtet bei ihren Denkprozessen herausgefordert werden. Dies kann beispielsweise mittels problemorientierter Aufgabenstellungen erfolgen, die zu vertieftem Nachdenken anregen. Auch das Einfordern von Begründungen in einem dialogischen Austausch stellt eine Möglichkeit dar, durch die eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand erzielt werden kann (Chi & Wylie, 2014; Fauth et al., 2014; Klieme et al., 2009; Kunter & Ewald, 2016; Pauli & Schmid, 2019). Digitale Medien können eine solche vertiefte Auseinandersetzung mit komplexen Lernaufgaben fördern. Denn die Fülle an digital vorliegenden Informationen ermöglicht es vereinfacht auf die individuellen Lerninteressen der Schüler:innen einzugehen, was oben im Zusammenhang mit dem ersten grossen Potenzial digitaler Medien bereits erläutert wurde (Irion & Scheiter, 2018; Schaumburg, 2021; Walkington, 2013). In der Unterrichtsforschung liess sich diesbezüglich unter anderem feststellen, dass digitale Medien insbesondere zur selbstständigen Recherche sowie zur Aufbereitung bzw. Visualisierung der Lerninhalte genutzt werden (Eickelmann et al., 2019). Insgesamt bieten digitale Medien mit Blick auf die kognitive Aktivierung die Möglichkeit, anwendungsorientierten Unterricht mit authentischen Problemstellungen aus den Lebenswelten der Schüler:innen zu konzipieren (Kerres, 2018; Petko, 2020), wodurch für die Schüler:innen eine erhöhte Aufgabenrelevanz erzielt werden kann und eine aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand wahrscheinlicher wird (Quast et al., 2021). Auch die zuvor genannte multimediale Aufbereitung von Lerninhalten und Lernprodukten, die nur mit Einbezug digitaler Medien möglich ist, kann eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand fördern. Eine weitere potenziell zur kognitiven Aktivierung beitragende Option stellt der Einsatz von (intelligenter) Lernprogramme oder Simulationsprogramme dar (Xie et al., 2019), die unterschiedliche Wissensstände berücksichtigen sowie besonders mit realitätsnahen Visualisierungen den Lernprozess unterstützen können. Dadurch kann ebenfalls ein tiefes Verständnis des Lerninhalts erzielt werden. Schliesslich eröffnen digitale Medien gegenüber traditionellen Lernsettings erweiterte Möglichkeiten hinsichtlich der persönlichen Reflexion von Lerngegenständen, indem beispielsweise eigene Erklärvideos erstellt oder Vorträge gefilmt und auf dieser Basis reflektiert werden können (Quast et al., 2021; Wolf & Kratzer, 2015).

Unterstützendes Unterrichtsklima bzw. konstruktive Unterstützung: Nebst kognitiv anspruchsvollen Lernaktivitäten benötigen die Schüler:innen ein unterstützendes Umfeld auf fachlicher und emotional-motivationaler Ebene. Auf fachlicher Ebene ist eine adaptive Lernbegleitung entsprechend den individuellen Lernvoraussetzungen erforderlich, damit die Schüler:innen ein tiefes Verständnis des Lerngegenstandes erreichen können. Besonders bei personalisierten Unterrichtsgestaltungen erhält die Lernunterstützung infolge des grösseren Anteils an Phasen selbstständigen Lernens im Vergleich zu traditionellen Unterrichtsgestaltungen einen erhöhten Stellenwert. In Schulen mit personalisierten Lernkonzepten konnte diesbezüglich festgestellt werden, dass die Schüler:innen mittels unterschiedlicher Arten von individueller Unterstützung gezielt begleitet werden (Pauli et al., 2019). Zudem erhalten die Schüler:innen Unterstützung beim Erlernen derjenigen Kompetenzen, die benötigt werden, um selbstreguliert arbeiten zu können (Pauli et al., 2019; Stebler et al., 2021). Viele dieser Unterstützungsformen können durch den Einbezug von digitalen Medien vereinfacht oder optimiert werden. So lassen sich mithilfe digitaler Medien beispielsweise die personalisierten Lernpläne der Schüler:innen übersichtlich verwalten. Auf diese Weise werden unter anderem die individuellen Lernfortschritte sichtbar gemacht, weshalb sie von den Schüler:innen selbst sowie von den Lehrpersonen besser überwacht werden können (Steele et al., 2014). Gleichzeitig erhalten die Lehrpersonen dadurch frühzeitig Hinweise darauf, welche Schüler:innen zusätzliche Lernunterstützung benötigen könnten. In dieser Funktion können digitale Medien somit das Monitoring vereinfachen und den Lehrpersonen Anhaltspunkte zur Diagnostik bieten. Dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass die Lehrperson die individuellen Unterstützungsbedürfnisse zeitnah erkennt und die Schüler:innen adaptiv im Lernprozess unterstützt. Ferner können digitale Medien zur Unterstützung des formativen Assessments genutzt werden, da Schüler:innen bei intelligenten Lernprogrammen unmittelbar ein personalisiertes Feedback der Software erhalten oder Lehrpersonen via Lernplattform in vereinfachter und schnellerer Form ein persönliches Feedback zustellen können (Faber et al., 2016; Hillmayr et al., 2020).

Zudem ist bei der konstruktiven Unterstützung eine positive Beziehungs- und Interaktionskultur zwischen der Lehrperson und den Schüler:innen wichtig, so dass sich die Schüler:innen wohl und sicher fühlen können. Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten können die soziale Eingebundenheit der Schüler:innen erhöhen und Autonomie sowie Selbstkompetenz vermitteln. Dies fördert die intrinsische Motivation zum Lernen. Um ein Lernangebot mit Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten bereitzustellen, können digitale Medien als Unterstützungstools herangezogen werden, wie bereits im ersten grossen Potenzial

der Integration digitaler Medien beschrieben (Irion & Scheiter, 2018; Walkington & Bernacki, 2018). Auch bieten digitale Kommunikationstools (z.B. Chat-Programme) die Möglichkeit die vor Ort Interaktion durch eine ortsunabhängige sowie asynchrone Interaktionskultur zu ergänzen. Digitale Kommunikationstools können dabei unterstützen, die Lernprozesse trotz örtlicher Distanz via Chat oder Konferenzsystemen wertschätzend sowie nach individuellem Bedarf zu begleiten, was in den pandemiegeprägten Zeiten sichtbar wurde (Voss & Wittwer, 2020).

Effiziente Klassenführung: Eine effiziente Klassenführung beinhaltet eine klare Strukturierung entlang von Zielvorgaben und verbindlichen Regeln, die sicherstellen, dass möglichst wenige Unterrichtsstörungen auftreten, Unterrichtsübergänge reibungslos verlaufen sowie die Schüler:innen die Lernzeit optimal nutzen können. Die genutzte Lernzeit stellt einen der zentralen Prädiktoren für den Lerngewinn dar (Emmer & Stough, 2001; Kounin, 1970; Pianta & Hamre, 2009; Seidel & Shavelson, 2007). Bei offenen Unterrichtsformen wie personalisierten Lernumgebungen müssen Lehrpersonen Acht geben, dass die verfügbare Lernzeit von allen Schüler:innen produktiv genutzt wird. Dies ist insbesondere im Hinblick auf den Befund von Bedeutung, dass die Lernzeitnutzung von lernschwächeren Schüler:innen in selbstgesteuerten Phasen im Vergleich zu traditionellen Unterrichtsphasen mit stärkerer Steuerung durch die Lehrperson teilweise geringer auszufallen scheint (Gmür-Ackermann, 2021). Ferner ist der Strukturierung in personalisierten Unterrichtsformen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Meist sind personalisierte Lernumgebungen aufwändiger in Bezug auf Vorbereitung und Verwaltung als traditionelle Lernumgebungen, da die Schüler:innen je unterschiedliche Lernaufgaben mit angepasstem Leistungsniveaus zu verschiedenen Zeitpunkten lösen. Lernplattformen können die Lehrpersonen sowie die Schüler:innen bei der komplexeren Organisation und Administration massgeblich unterstützen, wenn sie zur Dokumentation der individuellen Lernfortschritte und zur Erfassung der individuellen Lernstände genutzt werden (Lee et al., 2018). Auf diese Weise erhalten die Schüler:innen und die Lehrpersonen einen besseren Überblick darüber, bis wann welche Aufträge zu erledigen sind. Auch können die Unterrichtsmaterialien auf solchen Plattformen in gut strukturierter Weise bereitgestellt werden. Im Einbezug von digitalen Medien sieht Reigeluth (2017) in diesem Zusammenhang das generelle Potenzial, dass Lehrpersonen den Zeitaufwand für administrative Belange reduzieren können und in der Folge mehr Zeit für andere Aufgaben wie z.B. Lernbegleitung zur Verfügung steht. Ferner können digitale Medien (z.B. Smartboards, Visualizer, Lernplattformen, etc.) den Lehrpersonen dabei helfen, die Lerninhalte einfacher zu strukturieren und zu visualisieren (Sabanci et al., 2014).

Vor dem Hintergrund dieser generellen Ausführungen werden nachfolgend die zum Potenzial digitaler Medien in personalisierten Lernumgebungen bislang verfügbaren Forschungsbefunde rekapituliert.

3.3 Empirische Befundlage zu personalisiertem Lernen mit digitalen Medien

Im deutschsprachigen Raum liegen bisher kaum empirische Studien vor, die explizit den Einsatz digitaler Medien in personalisierten Unterrichtsformen untersucht haben (Petko et al., 2017; Schaumburg, 2021). Dies lässt sich unter anderem damit erklären, dass vorwiegend Forschung zu überschneidenden Konzepten wie Individualisierung und Differenzierung vorliegt. Die Durchführung dieser Untersuchungen liegt jedoch teilweise schon einige Zeit zurück, weshalb sich einige Befunde auf einen Zeitraum beziehen, in welchem die digitalen Medien noch nicht so präsent waren, wie sie dies gegenwärtig sind (Stebler et al., 2021). Zurzeit lassen sich lediglich erste englischsprachige Meta-Studien finden, die auf eine Wirksamkeit von personalisierten Lernsettings unterstützt durch digitale Medien hinweisen. So zeigt ein Review von insgesamt 71 Studien zu grösstenteils durch digitale Medien unterstützten personalisierten Unterrichtsformen, das den Zeitraum von 2006 bis 2019 erfasste, dass im Durchschnitt über verschiedene Fächer und Schulstufen hinweg positive Wirkungen auf die Leistung erzielt werden (Zhang, Basham et al., 2020). Bei 50 von diesen 71 Studien wurden verschiedenste digitale Unterstützungstools wie webbasierte adaptive Lernsysteme, digitale Lernspiele, nicht adaptive digitale Medien zur Personalisierung des Aufgabenkontexts oder multimediale Werkzeuge zum Erzählen digitaler Geschichten eingesetzt, um den Unterricht zu personalisieren. Lediglich bei 17 Studien wurden Effektgrössen zur Lernleistung berichtet. Diese zeigen einen grösseren Effekt auf die Lernleistung bei der Gruppe mit personalisiertem Unterricht unterstützt durch digitale Medien gegenüber der Kontrollgruppe ohne personalisierten Unterricht (Zhang, Basham et al., 2020). Gestützt wird dieser positive Befund durch ein weiteres aktuelles Review, in welchem die Wirksamkeit von personalisiertem Lernen unterstützt durch digitale Medien im Vergleich zu herkömmlichem Unterricht ohne digitale Medien in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen untersucht wurde (Major et al., 2021). In dieser Analyse wurden Forschungsergebnisse von insgesamt 16 randomisierten Studien, die im Zeitraum zwischen 2007 und 2020 in fünf Ländern durchgeführt worden waren, berücksichtigt (Major et al., 2021). Es konnte eine signifikant positive Wirkung auf die Leistungsentwicklung identifiziert werden, wobei die durchschnittliche Effektstärke mit $d = .18$ allerdings gering ausfiel. Es bleibt jedoch bei diesem Review von Major et al. (2021) sowie bei

Zhang et al. (2020) offen, ob die positiven Befunde bestehen bleiben würden, wenn die Kontrollgruppe auch personalisiert, doch ohne Einbezug digitaler Medien unterrichtet werden würde. Auch das Review von Van Schoors et al. (2021) zu „digital personalized learning“ vermochte einen positiven „Trend“ in Bezug auf die Leistungsentwicklung zu identifizieren. Die Basis dieser Untersuchung bildeten 48 Studien aus dem Zeitraum von 1995 bis 2020. Die Autor:innen weisen jedoch ausdrücklich auf die unterschiedlichen Studiendesigns hin. Diese erstrecken sich von randomisierten Experimenten zu Quasi-Experimenten mit meist aktiven, teils passiven und vereinzelt ohne Kontrollgruppen. Auf Grund dieser grossen methodischen Unterschiede ist der positive Trend hinsichtlich der Leistungsentwicklung mit Vorsicht zu interpretieren (Van Schoors et al., 2021).

Methodenbezogene Probleme betreffen jedoch nicht nur die Analyse von Van Schoors et al. (2021) allein, sondern stellen sich generell bei allen Reviews, da unter anderem eine einheitliche Definition zu personalisiertem Lernen mit digitalen Medien fehlt und die Operationalisierung des Konstrukts daher sehr heterogen ausfällt (siehe auch Kapitel 2.1 und 3.1). Angesichts dieser konzeptuellen Unschärfe stellt sich die Grundsatzfrage, inwiefern es Reviews gelingen kann, die verschiedenen Operationalisierungen, Erhebungsverfahren und Stichproben zu personalisiertem Lernen mit digitalen Medien so zusammenzuführen, dass der direkte Vergleich zu einem aussagekräftigen Ergebnis führt. Zudem haben die wenigsten bislang vorliegenden Studien die Wirkungen von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien im Sinne eines gesamtschulischen Unterrichtsansatzes untersucht (Basham et al., 2016; Lee et al., 2021; Zhang, Basham et al., 2020).

Um die dargelegte konzeptionelle Unschärfe zu minimieren und schulweite Ansätze von personalisiertem Lernen untersuchen zu können, verfolgt die vorliegende Arbeit die in Kapitel 3.1 beschriebene Begriffsbestimmung, welche auf zwei charakteristischen Dimensionen basiert: „offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien“ und „Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien“. Anhand dieser Begriffsbestimmung wird im Folgenden auf die empirische Befundlage näher eingegangen.

Offene Lehr- und Lernformen sind durch einen hohen Anteil selbstständiger Lernphasen der Schüler:innen sowie durch adaptive Lernunterstützung der Lehrperson geprägt und werden häufig genutzt, um das Lernen mit digitalen Medien unterstützen zu können. Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass in offenen Unterrichtsformen häufiger digitale Medien im Unterricht eingesetzt werden als in traditionellen Unterrichtsformen (Hermans et al., 2008; Law et al., 2008; OECD, 2015). Auch eine Untersuchung aus den USA weist in 62 Schulen mit personalisierten Unterrichtsformen eine höher ausgeprägte Integration digitaler Medien im

Unterricht nach als in herkömmlichen US-amerikanischen Schulen (Pane et al., 2015). Dieser Befund zur quantitativen Mediennutzung ist jedoch differenzierter zu betrachten. Denn wird bei der Analyse ausschliesslich die Häufigkeit der allgemeinen Nutzung von digitalen Medien während des Unterrichts berücksichtigt, bleibt gänzlich offen, welche Art von digitalen Medien und vor allem wie diese zur Unterrichtsförderung eingesetzt wurden. Dies ist jedoch von zentraler Bedeutung, da es auch ein grosses Spektrum von digitalen Medien (z.B. Smartboards) gibt, die eher traditionelle Unterrichtsmethoden wie Frontalunterricht unterstützen (Drossel et al., 2019; Niederhauser & Stoddart, 2001). Denn andere empirische Befunde zeigen auf, dass Lehrpersonen unabhängig von der Unterrichtsorientierung – traditionelle versus offene Unterrichtsformen – bereit sind, digitale Medien in ihrem Unterricht einzusetzen. Der zentrale Unterschied liegt gemäss diesen Untersuchungen jedoch darin, dass die Lehrpersonen im Durchschnitt solche digitale Medien auswählen, die mit ihrem gewohnten Unterrichtsstil kompatibel sind und dessen Durchführung vereinfachen (Drossel et al., 2019; Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2013; Voogt, 2008).

Angesichts dieser Überlegungen wird deutlich, dass die ausschliessliche Berücksichtigung der Quantität nicht ausreicht, weil dies lediglich Aussagen über ein Oberflächenmerkmal des Unterrichts erlaubt. Aus diesem Grund gilt es, auch Daten zur Qualität der Medieneinsatzes sowie folglich zur Lernwirksamkeit miteinzubeziehen. In der Analyse von Meta-Studien zur Lernwirksamkeit digitaler Medien in verschiedenen Unterrichtsformen gelangte Schaumburg (2018) zur Schlussfolgerung, dass offene Unterrichtsformen unterstützt durch digitale Medien mit einer höheren Leistungsentwicklung einhergehen als traditionelle Unterrichtsformen unterstützt durch digitale Medien. Bereits Tamim et al. (2011) berichtete einen vergleichbaren Befund in seiner Meta-Analyse zweiter Ordnung, in welcher Befunde von insgesamt 25 Meta-Analysen verschiedener Fächer und Schulstufen von 1988 bis 2007 analysiert wurden. Die Befunde zeigen, dass digitale Medien zur Unterstützung offener Unterrichtsformen einen geringfügig höheren Effekt auf die Lernleistung haben, als wenn digitale Medien zur Unterstützung der direkten Instruktion eingesetzt worden waren. Eine weitere Meta-Analyse von Li und Ma (2010) im Bereich der Mathematik weist hinsichtlich Lernergebnisse eine deutlich höhere Effektstärke von .79 aus, wenn offene Unterrichtsformen unterstützt durch verschiedene Lernprogramme mit eher traditionellen Unterrichtsformen ebenso unterstützt durch verschiedene Lernprogramme verglichen werden. Dieser Befund basiert auf 46 Studien der Jahre 1990 bis 2006. Eine aktuellere Meta-Studie von Sokolowski, Li und Willson (2015) im Bereich des entdeckenden Lernens in Mathematik liefert zudem Hinweise, dass offenes bzw. entdeckendes Lernen mit digitalen Medien deutlich lernwirksamer

ausfällt, als wenn beim offenen bzw. entdeckenden Lernen keine digitalen Medien eingebunden worden waren. Diese Meta-Studie berücksichtigte 24 Studien der Jahre 2000 bis 2013 und berichtete eine Effektstärke von 0.60 (Sokolowski et al., 2015).

Ausgehend von der dargestellten Befundlage darf allerdings nicht das verkürzte Fazit gezogen werden, dass offene Unterrichtsformen mit digitalen Medien generell leistungswirksam sind. Nur durch eine didaktisch sinnvolle Integration kann eine aktive und verständnisorientierte Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand (Mishra & Koehler, 2006; Sailer, Murböck, et al., 2021) und somit die Tiefenstruktur des Unterrichts gefördert werden, wie in Kapitel 3.2 ausgeführt wurde. Gleichwohl deuten die Forschungsbefunde darauf hin, dass digitale Medien in offenen Unterrichtsformen ein grösseres didaktisches Potenzial aufweisen bzw. dieses Potenzial im Hinblick auf die Lernwirksamkeit besser genutzt wird als in traditionellen Unterrichtsformen (Li & Ma, 2010; Petko, 2012; Schaumburg, 2018; Sokolowski et al., 2015).

Ferner ist an der Stelle nochmals darauf hinzuweisen, dass die adaptive Unterstützung der Lehrpersonen auch in offenen Unterrichtsformen mit digitalen Medien einen massgeblichen Einfluss auf die Leistungsentwicklung hat (siehe auch Kapitel 2.3 und 3.2). Anhand der International Computer and Information Literacy Study (ICILS) der Jahre 2013 und 2018 wird zudem sichtbar, dass das Potenzial von offenen Unterrichtsformen mit digitalen Medien im Durchschnitt noch nicht ausgeschöpft wird (Fraillon et al., 2014, 2020): Obwohl digitale Medien im Jahr 2018 im Vergleich zu 2013 im Unterricht auf Sekundarschulstufe häufiger eingesetzt worden waren, zeigte sich mit Blick auf die Unterrichtsaktivitäten, dass die Schüler:innen während der Nutzung von digitalen Medien im Unterricht zu einem grösseren Teil der Nutzungszeit passiv geblieben waren (Drossel et al., 2019; Fraillon et al., 2020; Sailer, Murböck, et al., 2021). Dies scheint darauf hinzudeuten, dass digitale Medien für offene und kognitiv aktivierende Unterrichtsaktivitäten bislang noch eher selten eingesetzt werden und das didaktische Potenzial digitaler Medien in offenen Unterrichtsformen somit noch nicht genügend ausgeschöpft wird.

Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen beim Lernen lassen sich mit digitalen Medien einfacher umsetzen als ohne deren Einbezug (siehe Kapitel 3.2). Durch den Einsatz digitaler Medien werden die Unterrichtsöffnung sowie die Verantwortungsverschiebung hin zu den Schüler:innen gefördert, was einen zentralen Aspekt des personalisierten Lernens darstellt (Basham et al. 2016; Bray & McClaskey, 2015; DeMink-Carthew & Netcoh, 2019; Miliband, 2006b; Pane et al., 2017). Doch obwohl aus theoretischer Perspektive das Gewähren von Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten beim Lernen mit

digitalen Medien sinnvoll erscheint und die Selbstbestimmung mithilfe von digitalen Medien gefördert werden kann, zeigen empirische Befunde weder grosse Effektstärken hinsichtlich der Leistungsentwicklung, noch sind die empirischen Befunde konsistent (DeMink-Carthew & Netcoh, 2019; Karich et al., 2014; Netcoh, 2017; Phan, 2020; Walkington, 2013). So zeigte eine Meta-Studie, welche die Mitbestimmungsmöglichkeiten der Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien untersucht hatte, nur geringe bis vernachlässigbare Effekte auf die Leistung der Schüler:innen (Karich et al., 2014). Basis dieser Analyse bildeten 18 Studien mit insgesamt 25 Effektgrössen (Outcomevariablen), die von 2002 bis 2012 publiziert worden waren. Ausgehend von dieser Meta-Studie kann kein direkter Effekt der Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten auf die fachliche Leistung der Schüler:innen im Unterricht mit digitalen Medien angenommen werden.

DeMink-Carthew und Netcoh (2019) erachteten hingegen Wahlfreiheiten in ihrer Studie als effektiven Weg, um das Lernen zu personalisieren und das Lernengagement zu fördern. Doch fehlen Angaben zu Effektstärken, da die Mixed-Method-Studie mehrheitlich qualitative Ergebnisse basierend auf 11 Gruppeninterviews berichtet. In einem anderen Projekt wurden Lernplattformen für kompetenzbasierten Unterricht über vier Jahre hinweg (2011–2014) eingesetzt, wobei bewusst ein hohes Mass an Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten zugelassen wurde. Die empirischen Befunde zeigten zwar keine Veränderung der Lernleistung, doch das Lernengagement nahm tendenziell zu (Steele et al., 2014).

Insgesamt ist die empirische Befundlage im Gegensatz zur theoretischen Annahme heterogen, was gemäss Karich et al. (2014) auf unterschiedliche Ausprägungsgrade der Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten zurückzuführen sein könnte. Walkington und Bernacki (2018) wiederum hoben in diesem Zusammenhang hervor, dass die Aufgabenrelevanz im Fokus stehen sollte und minimale Anpassungen auf der Oberfläche keinen Mehrwert für die Leistungsentwicklung generieren würden. Das heisst, wenn es mithilfe von digitalen Medien gelingt, Lernaufgaben durch das Gewähren von Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten für die Schüler:innen relevanter zu gestalten, beispielsweise durch die Berücksichtigung der individuellen Interessen und des Vorwissens in ausserschulischen Bereichen (Cordova & Lepper, 1996; Harackiewicz et al., 2016), kann die Leistungsentwicklung durch den Einsatz von digitalen Medien positiv unterstützt werden. Dadurch ergeben sich nicht nur Vorteile auf der affektiven und der motivationalen Ebene, sondern auch die kognitive Aktivierung wird gefördert (Walkington & Bernacki, 2018).

In allen Fällen gilt jedoch, dass die Umsetzung auf der Unterrichtsebene stets entscheidend ist, denn Wahlmöglichkeiten können auch demotivierend wirken, sobald sich die

Schüler:innen beim Entscheiden nicht mehr kompetent fühlen, das heisst, wenn sie nicht wissen welche Entscheidungsoption für sie besser ist (DeMink-Carthew & Netcoh, 2019; Furtak & Kunter, 2012). Wie bereits in Kapitel 3.2 erläutert, sind daher insbesondere lernschwächere Schüler:innen auf angemessene Unterstützung der Lehrperson und eine erhöhte Strukturierung des Wahlangebotes angewiesen (Lipowsky & Lotz, 2015; Mötteli et al., 2021; Tergan, 2002). Zudem erfordert eine eigenständige Auswahl nebst genügend fachlichem Vorwissen auch adäquat ausgeprägte Selbststeuerungsfähigkeiten (Lipowsky & Lotz, 2015), die nicht einfach vorausgesetzt werden können, sondern zu einem gewissen Grad auch in der Schule angeleitet erworben werden müssen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich personalisiertes Lernen mit digitalen Medien insgesamt betrachtet, eher positiv auf die Lernleistung auswirkt (Lee et al., 2021; Major et al., 2021; Van Schoors et al., 2021; Zhang, Basham et al., 2020). Allerdings bleibt auf dieser allgemeinen Analyseebene unklar, welche Dimension des vielschichten Konstrukts den positiven Effekt herbeiführt. Wird die charakteristische Dimension „*offene Lehr- und Lernformen*“ fokussiert, wird ersichtlich, dass der Einsatz digitaler Medien in offenen Unterrichtsformen ein grösseres Potenzial zur Förderung der Leistung der Schüler:innen bietet als in traditionellen Unterrichtsformen (Li & Ma, 2010; Petko, 2012; Schaumburg, 2018; Sokolowski et al., 2015). Mit Blick auf die *Mitbestimmungs- und Wahlfreiheiten der Schüler:innen* bei personalisiertem Lernen mit digitalen Medien zeigt sich hinsichtlich der Leistungsentwicklung hingegen eine inkonsistente Befundlage (DeMink-Carthew & Netcoh, 2019; Karich et al., 2014; Pane et al., 2017; Phan, 2020). Insgesamt gilt es jedoch grundsätzlich festzuhalten, dass stets die Qualität der Umsetzung auf der Unterrichtsebene entscheidend ist, zu deren Sicherstellung auf eine adäquate Lernunterstützung der Lehrperson zu achten ist und mithilfe eines zielgerichteten Einsatzes digitaler Medien vertieftes Nachdenken und somit eine kognitive Aktivierung der Schüler:innen angestrebt werden sollte (Decristan et al., 2020; Karich et al., 2014; Walkington & Bernacki, 2018). Dabei sollte unter anderem auf eine hohe Aufgabenrelevanz geachtet werden, die sich durch die Berücksichtigung der Interessen der Schüler:innen erzielen lässt (Harackiewicz et al., 2016; Walkington, 2013).

4 Ziele der drei Studien

Wie im Theorieteil in Kapitel 3 aufgezeigt wurde, liegen im deutschsprachigen Raum derzeit noch kaum empirische Befunde vor, inwiefern und wie digitale Medien in Schulen mit personalisierten Lernkonzepten eingesetzt werden. In der Praxis haben jedoch diverse innovative Schulen bereits seit einiger Zeit damit begonnen, schulinterne personalisierte Lernkonzepte zu implementieren, wozu auch digitale Medien genutzt werden. Die vorliegende Arbeit setzte bei dieser Forschungslücke an und ging der übergeordneten Forschungsfrage nach, welche Rolle digitale Medien in Schulen mit personalisierten Lernkonzepten spielen. Da in der Literatur viele Dimensionen und Komponenten unter dem Begriff „personalisiertes Lernen“ subsumiert werden, wird das Konstrukt anhand der beschriebenen Begriffsbestimmung in Kapitel 3.1 näher beleuchtet, wodurch folgende zwei charakteristische Dimensionen in den Fokus rücken: offene Lehr- und Lernformen und Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen. Mit Blick auf diese beiden Dimensionen wurden die folgenden Forschungsziele verfolgt:

- Beschreibung der Häufigkeit des Einsatzes von digitalen Medien während verschiedener Unterrichtsaktivitäten in Schulen mit personalisierten Lernkonzepten gemäss den Angaben der Schüler:innen.
- Quantitative Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem personalisierten Lernen mit digitalen Medien und den selbst eingeschätzten ICT-Kompetenzen sowie diesbezüglichen Überzeugungen der Schüler:innen.
- Quantitative Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Intensität des personalisierten Lernens mit digitalen Medien und der Unterrichtsqualität aus der Perspektive der Schüler:innen.
- Qualitative Untersuchung der Frage, wie digitale Medien in Schulen mit intensiver Mediennutzung im personalisierten Unterricht eingesetzt werden.

Diese vier Forschungsziele fokussieren auf den Einsatz digitaler Medien in Schulen mit schulinternen Konzepten des personalisierten Lernens. In drei wissenschaftlichen Artikeln wurden diese Ziele anhand von spezifischen Fragestellungen ausdifferenziert und mittels geeigneter Verfahren getestet. Die zu diesem Zweck eingesetzte Methodik wird in Kapitel 6 näher beschrieben. Zunächst wird zur Kontextualisierung der drei Artikel jedoch das bereits erwähnte perLen-Projekt vorgestellt, das 65 Schulen mit personalisierten Lernkonzepten in der deutschsprachigen Schweiz während dreier Jahre untersuchte und in dessen Rahmen die Untersuchungen der drei Artikeln durchgeführt wurden (siehe Kapitel 7).

5 Kontextualisierung der Studien – das perLen-Projekt

Den Kontext der drei vorliegenden Studien bildete das Entwicklungsforschungsprojekt perLen – personalisierte *Lernkonzepte* in heterogenen Lerngruppen. Das perLen-Projekt wurde unter der Leitung von Prof. Dr. Kurt Reusser und Dr. Rita Stebler der Universität Zürich sowie Prof. Dr. Christine Pauli der Universität Freiburg entwickelt und in Kooperation mit Prof. Dr. Dominik Petko im Zeitraum zwischen 2012/13 und 2014/15 durchgeführt. Das im Längsschnitt angelegte Projekt wurde von der Mercator-Stiftung gefördert und untersuchte den Unterricht von Schulen, die unterschiedliche Dimensionen personalisierten Lernens entwickelt und implementiert haben. Fokus der Untersuchung bildeten die personalisierten Lernkonzepte und deren Wirkungen auf fachliche und überfachliche Bildungsziele sowie auf die damit verbundenen neuen Rollen und Herausforderungen für alle Beteiligten. Im Rahmen dieses Projekts wurden die folgenden *vier übergeordneten Forschungsfragen* verfolgt (Reusser, Pauli, & Stebler, 2015, S. 9):

- 1) *Lehr-Lern-Kultur*: Wie präsentieren sich die didaktischen Konzepte, die Unterrichtspraxis und die Lernbegleitung sowie die Lernaktivitäten der Schüler:innen in Schulen mit personalisierten Lernkonzepten?
- 2) *Entwicklung der schulischen Lehr-Lern-Konzepte*: Wie entwickeln sich Unterrichtspraxis, Lernaktivitäten und Lernbegleitung im Projektzeitraum (3 Jahre) weiter?
- 3) *Rolle, Berufsauftrag und Anforderungen an die Lehrpersonen*: Welche Konsequenzen hat die Orientierung an personalisierten Lernkonzepten für die Rolle der Lehrpersonen, ihr Berufs- und Selbstverständnis sowie die Zusammenarbeit im Kollegium und mit den Eltern?
- 4) *Unterrichtswirkungen*: Wie entwickeln sich die fachlichen und insbesondere auch die überfachlichen (personalen, methodischen, sozialen) Kompetenzen der Schüler:innen im Verlauf von drei Jahren?

Zur Analyse der Forschungsfragen wurden 65 Primar- und Sekundarschulen aus der deutschsprachigen Schweiz zur Datenerhebung rekrutiert. Die mehrheitlich öffentlichen Schulen aus ruralen und urbanen Gebieten hatten sich teilweise selbst beworben, während andere aufgrund von Hinweisen der Schulbehörden angefragt worden waren. Die Teilnahme erfolgte in allen Fällen auf freiwilliger Basis. Daher handelt es sich um keine repräsentative Untersuchungsgruppe, die jedoch ein breites Spektrum hinsichtlich Grösse (Zentrumsschulen versus „Zwergschulen“ mit Mehrjahrgangsklassen), Profil der Unterrichtsentwicklung sowie Stand der Unterrichtsentwicklung umfasst. Die 65 Schulen wurden im Längsschnitt während

dreier Schuljahre (2012/2013–2014/2015) mehrperspektivisch und multimethodisch untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Sichtweisen der Schulleitungen, Lehrpersonen und Schüler:innen miteinbezogen und Daten mittels Online-Befragungen, Leitfadeninterviews, videogestützter Unterrichtsbeobachtungen, Dokumentenanalyse und Leistungstests erhoben (Stebler et al., 2018).

Die *Stichprobe* der insgesamt 65 Schulen setzt sich aus einer sogenannten „Kernstichprobe“ und einer „Ergänzungsstichprobe“ zusammen. Die Kernstichprobe umfasst 53 Schulen, die ihre Lern- und Unterrichtsarchitekturen stark weiterentwickelt haben, weshalb ihr Unterricht deutlich von traditionellen Formen der Unterrichts- und Lernorganisation abweicht. Dies zeigt sich unter anderem daran, dass der Unterricht nicht mehr primär im herkömmlichen Klassenverband stattfindet. Die Schüler:innen lernen in jahrgangsübergreifenden Lerngruppen, binnendifferenzierten Lernlandschaften oder Lernateliers. In einigen Schulen wurde auch der Lektionentakt aufgehoben. Meist finden in diesen Schulen sogenannte „Inputlektionen“ in homogen(er)en Kleingruppen statt, in denen die Fachinhalte von der Lehrperson geleitet vermittelt werden. Im Anschluss daran werden die Inhalte in Lernateliers oder Lernlandschaften von den Schüler:innen selbstständig vertieft und geübt. Während dieser eigenständigen Lernzeit bieten Lehrpersonen als Lernbegleiter:innen individuelle Unterstützung.

Aus diesen 53 Schulen der Kernstichprobe wurden in einem nächsten Schritt 11 Schulen, sogenannte „Fallschulen“, ausgewählt, in denen vertiefte Datenerhebungen durchgeführt wurden (siehe Tabelle 1). Ab den zweiten Erhebungsjahr wurde die Kernstichprobe zudem um 12 Schulen ergänzt. Die Schulen dieser „*Ergänzungsstichprobe*“ unterrichten innerhalb der klassischen räumlichen und zeitlichen Strukturen der Schul- sowie Unterrichtsorganisation mittels individualisierender und kooperativer Lernformen (Stebler, Pauli, & Reusser, 2016).

Die *Datenerhebung* umfasste insgesamt drei Erhebungszeitpunkte und variierte je nach Stichprobe. Sie wird in Tabelle 1 in einer Übersicht dargestellt (Stebler et al., 2016):

- a) *Kernstichprobe* ($N = 53$ Schulen): Zu allen drei Erhebungszeitpunkten wurden mit den Schüler:innen der Primar- und Sekundarstufe sowie mit den Lehrpersonen Online-Befragungen durchgeführt. Zudem wurden im ersten und im letzten Erhebungsjahr die fachlichen Kompetenzen der Schüler:innen in Deutsch und Mathematik mithilfe des Test „Klassenscockpit“ gemessen.
- b) *Fallschulen* ($N = 11$ Schulen der Kernstichprobe): Zusätzlich zu den Online-Befragungen wurde in den Fallschulen im ersten Erhebungsjahr ein Interview mit der jeweiligen Schulleitung durchgeführt und eine Konzeptdokumentation erstellt. Die Lehrpersonen

wurden zu allen drei Erhebungszeitpunkten in Gruppeninterviews befragt. Ferner wurden im letzten Erhebungsjahr Unterrichtsbeobachtungen in Inputlektionen und selbstgesteuerten Lernphasen videografiert.

- c) *Ergänzungsstichprobe* ($N = 12$ Schulen): Ab dem zweiten Projektjahr wurden Online-Befragungen mit den Schüler:innen und mit den Lehrpersonen durchgeführt. Zudem wurden im letzten Erhebungsjahr die fachlichen Kompetenzen der Schüler:innen mittels des Tests „Klassenscockpit“ erhoben.

Tab. 1: Übersicht über die Datenerhebung des perLen-Projekts

		Kernstichprobe		Ergänzungsstichprobe
	Datenerhebungen	Fall-schulen ($N = 11$)	Online-schulen ($N = 42$)	Online-schulen ($N = 12$)
t ₁	Konzeptdokumentation	x		
Schul-jahr 2012/13	Interview mit Schulleitungen	x		
	Interview mit Lehrpersonengruppen	x		
	Online-Befragung Lehrpersonen und Schüler:innen (4./7. Kl.)	x	x	
	Erfassen fachlicher Kompetenzen der Schüler:innen	x		x
t ₂	Interview mit Lehrpersonengruppen	x		
Schul-jahr 2013/14	Online-Befragung der Lehrpersonen und Schüler:innen (5./8. Kl.)	x	x	x
	Erfassen fachlicher Kompetenzen der Schüler:innen	x	x	x
Schul-jahr 2014/15	Videogestützte Unterrichtsbeobachtungen (ausgewählte 9. Klassen)	(x)	(x)	
	Interview mit Lehrpersonengruppen	x		
	Online-Befragung der Lehrpersonen und Schüler:innen (6./9. Kl.)	x	x	x

Für die vorliegende Arbeit ist die Online-Befragung der Schüler:innen zum ersten Erhebungszeitpunkt im Schuljahr 2012/2013 von besonderer Bedeutung, da ausschliesslich bei dieser Online-Befragung die Rolle der digitalen Medien im Unterricht detailliert erfragt wurde. Auf dieser Basis wurden drei Schulen, die aus Schüler:innensicht im Vergleich mit den anderen teilnehmenden Schulen am häufigsten digitale Medien im Unterricht nutzten, ermittelt und zusätzlich für vertiefende Interviews sowie Unterrichtsbeobachtungen angefragt. Die drei Schulen wurden im Anschluss an die perLen-Projekterhebung, d.h. im Herbst 2016, während

eines Tages von zwei Forschenden besucht. Während dieses Besuchs wurden mit den Schulleitungen, den Lehrpersonen sowie den ICT-Verantwortlichen halbstrukturierte Leitfadeninterviews durchgeführt und es wurde eine Einheit einer selbstgesteuerten Lernphase beobachtet (siehe Kapitel 7.3).

6 Methoden der drei Studien

Nachdem die Kontextualisierung der drei Studien erläutert wurde, beschreibt dieses Kapitel die Datenerhebungen und Stichproben der vorliegenden Arbeit. Auch die Instrumente und Verfahren der drei Studien werden zusammenfassend vorgestellt. Ausführliche Beschreibungen sind in den drei Publikationen zu finden (siehe Anhang A.1-A.3).

6.1 Forschungsdesign und Stichproben

Die Datengrundlage der drei Artikel bilden einerseits eine Schüler:innenbefragung an 31 Sekundarschulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten im Jahr 2013, die Teil der beschriebenen Kernstichprobe sind (siehe Kapitel 5) und andererseits drei Fallstudien, die auf Basis der Schüler:innenbefragung ausgewählt und im Jahr 2016 durchgeführt wurden.

Für die quantitative Stichprobe wurden die Schulen entweder nach einem Bewerbungsverfahren zugelassen oder aufgrund von Empfehlung signifikanten Akteuren wie Personen in den Bildungsdirektionen zur Studienteilnahme eingeladen (siehe Kapitel 5). Die bewusste Auswahl führte zu einer Stichprobe von 31 Sekundarschulen mit 1017 Schüler:innen (486 weiblich / 531 männlich) aus 78 Klassen, die alle Schul- und Unterrichtsentwicklung in Richtung Personalisierung implementiert haben, jedoch die Umsetzungsformen und der Entwicklungsstand variieren. In der Online-Befragung hatten 93 von 1017 Schüler:innen angegeben, dass sie (fast) nie digitale Medien im Unterricht benutzen. Weitere 45 Schüler:innen hatten keine Angabe gemacht (ich weiss nicht). Zur Analyse der übergeordneten Forschungsziele wurden daher diese 137 von 1017 Schüler:innen (13,6%) ausgeschlossen, da sie nicht ausführlich zum Nutzungsverhalten von digitalen Medien im Unterricht befragt wurden. Der endgültige quantitative Datensatz besteht somit aus $N = 860$ Schüler:innen mit einer ausgeglichenen Geschlechterverteilung von 48,7 % (419) Schülerinnen zu 51,3% (441) Schüler. Der Median des Schüler:innenalters lag zum Zeitpunkt der Befragung bei 14 Jahren (geb. 1999) mit einem Interquartilsbereich von 6 Jahren (mean= 14.21 Jahre, SD = 0.56). Die

Berechnungen im Artikel 1 und 2 basieren auf der Analyse dieser Daten, wie in der Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Übersicht über die Datenbasis

	Erhebung, Zeitpunkt und Hauptvariablen	Stichprobe
Artikel 1	Online-Schüler:innenbefragung (Herbst 2013) <ul style="list-style-type: none"> - Nutzungsverhalten digitaler Medien bei Unterrichtsaktivitäten - Einschätzung der ICT-Kompetenzen - Einstellung gegenüber Nützlichkeit von digitalen Medien beim Lernen - Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien - Offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien 	<i>N</i> = 860 Schüler:innen davon 419 (48,7%) Mädchen <i>M</i> = 14,21 Jahre alt (<i>SD</i> = .56)
Artikel 2	Online-Schüler:innenbefragung (Herbst 2013) <ul style="list-style-type: none"> - Unterrichtsqualität: <ul style="list-style-type: none"> - Kognitive Aktivierung - Unterstützendes Unterrichtsklima - Klassenführung - Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien - Offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien 	<i>N</i> = 860 Schüler:innen davon 441 (51,3%) Knaben <i>M</i> = 14,21 Jahre alt (<i>SD</i> = .56)
Artikel 3	Fallstudien (Herbst 2016) <ul style="list-style-type: none"> - Schulebene: Merkmale der Schule, Entwicklung zu personalisiertem Lernen, allgemeine Rolle der digitalen Medien, ICT-Support, geplante Weiterentwicklung - Lehrpersonen: ICT-Kompetenzen und diesbezüglichen Überzeugungen - Unterricht mit digitalen Medien: konkreter Einsatz der digitalen Medien bei Input und selbstgesteuerten Lernphasen, dessen Bewertung 	3 Schulen mit häufiger Mediennutzung; Total 11 halbstrukturierte Interviews: <ul style="list-style-type: none"> - (Co-) Schulleitung pro Schule - 1-2 Lehrpersonen pro Schule - (Co-) ICT-Verantwortliche:r pro Schule

Zur Ergänzung der quantitativen Stichprobe wurden anhand der Online-Schüler:innenbefragung (2013), aus den 31 insgesamt Schulen die drei Schulen mit der

häufigsten digitalen Mediennutzung in verschiedenen Unterrichtsaktivitäten ermittelt. Nach einer schriftlichen Anfrage per Mail wurde nach wenigen Tagen telefonisch Kontakt mit den Schulleitungen aufgenommen, um sie als Fallschulen zu gewinnen. Nach Rücksprache mit den Lehrpersonen hatten alle Schulleitungen zur freiwilligen Teilnahme eingewilligt. Nebst der gemeinsamen hohen Medienintegration unterscheiden sich die drei Schulen in Bezug auf die Finanzierung, die Schulgrösse, die demografische Zusammensetzung sowie in Bezug auf den Zeitpunkt und die Gründe, weshalb personalisierte Lehr-Lernkonzepte eingeführt wurden (weitere Details, siehe Artikel 3 im Anhang A.3). Im Herbst 2016 wurden die drei Sekundarschulen (Typ A und B) während eines Tages von zwei Forschenden besucht. Dabei wurden mit den Schulleitungen, zwei Lehrpersonen und den ICT-Verantwortlichen halbstrukturierte Interviews durchgeführt. Zudem wurde eine offene Unterrichtssequenz von 90 Minuten zu zweit beobachtet und nebst Feldnotizen mit Fotos dokumentiert. Alle Interviews wurden nach Einverständniserklärung der Beteiligten auf Tonband aufgenommen, später transkribiert und anonymisiert. Diese insgesamt 11 Interviews mit einer Dauer von 22 bis 65 Minuten bildeten die Hauptdatenquelle der multiplen Fallstudien des Artikels 3 (siehe Tabelle 2).

6.2 Instrumente und Analysen

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich wird, wurden die quantitativen Daten und die Datenbasis des Artikels 1 und 2 mit einem Online-Fragebogen erhoben. Alle 20 Items zur *Nutzung digitaler Medien bei verschiedenen Unterrichtsaktivitäten* wurden von der Skala „Schüler:innenaktivitäten“ abgeleitet, welche auf der Basis von folgenden Instrumenten entwickelt wurde: Bos et al. (2011), Rakoczy et al. (2005) und Urhahne et al. (2011). Alle Items wurden auf einer vierstufigen Likert-Skala beantwortet (*fast* täglich, 1 bis 2 Mal pro Woche, 1 bis 2 Mal pro Monat, *fast* nie).

Auf dieser Grundlage wurden die zwei unabhängigen, latenten Variablen- *offene Lehr- und Lernformen* sowie *Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen im personalisierten Unterricht mit digitalen Medien* gebildet. Diese zwei theoriebasierten Konstrukte setzen sich jeweils aus drei Items zusammen (siehe Artikel 1 und 2 im Anhang A.1 und A.2).

Die Selbsteinschätzung der ICT-Kompetenzen der Schüler:innen sowie die Überzeugungen der Schüler:innen über die Nützlichkeit von digitalen Medien beim Lernen wurden mit einer Kurzskala des validierten Messinstruments von Wastiau et al. (2013) erhoben.

Diese zwei abhängigen und latenten Variablen des Artikels 1 umfassen je vier Items und wurden auf einer vierstufigen Likertskala beantwortet (sehr gut, eher gut, ein wenig, gar nicht; stimmt genau, stimmt eher, stimmt eher nicht, stimmt gar nicht).

Die *Unterrichtsqualität* wurde anhand von drei Subdimensionen operationalisiert: *Kognitive Aktivierung* (3 Items), *unterstützendes Unterrichtsklima* (4 Items) und *Klassenführung* (3 Items). Die drei Kurzskalen wurden in Anlehnung an die validierten Instrumente von Bos et al. (2011) und Fauth et al. (2014) entwickelt und dienen im Artikel 2 zur Erhebung der abhängigen und latenten Variablen. Alle 10 Items wurden von den Schüler:innen auf einer vierstufigen Likertskala bewertet (stimmt genau, stimmt eher, stimmt eher nicht, stimmt gar nicht).

Diese quantitativen Daten wurden mithilfe von Strukturgleichungsmodellen in Artikel 1 und 2 analysiert, so dass die Forschungsziele 1-3 verfolgt werden konnten. Nachdem die deskriptiven Werte ermittelt wurden, kamen konfirmatorische Faktorenanalysen zur Überprüfung der Konstrukte zum Einsatz. Im Anschluss wurden die theoriegeleiteten Strukturgleichungsmodelle erstellt und mit dem Open-Source-Programm R berechnet. Die Messwerte wurden mit der robusten Maximum-Likelihood-Methode (MLR) und dem Full Information Maximum Likelihood (FIML)-Ansatz geschätzt. Dadurch wurde einerseits einer möglichen Abweichung von der multivariaten Normalverteilung Rechnung getragen und andererseits wurden fehlende Messwerte adäquat berücksichtigt. Zudem wurden Modifikationsindizes verwendet, um ausgewählte Kreuzkorrelationen zwischen Variablen innerhalb eines Konstruktes hinzuzufügen, sofern diese im theoretischen Modell plausibel waren und die Anpassung das theoretische Modell verbesserten. Obschon es möglicherweise eine geringe Varianz zwischen den Schulen gab, konnte keine Mehrebenenstruktur angewendet werden. Gemäss dem verwendeten Package „lavaan.survey“ in R besteht die Stichprobe aus zu wenigen Schulen im Verhältnis zur Anzahl freien Parametern. Alle Analysen basierten auf einem Signifikanzniveau von $p \leq .05$ und orientierten sich an den gängigen Cut-Off Werten von Hu & Bentler (1999).

Die qualitativen Daten wurden mit Vertreter:innen aus drei ausgewählten Schulen in 11 halbstrukturierten Interviews mithilfe eines *Leitfadens* erhoben (siehe Tabelle 2) und dienten der Bearbeitung des Forschungsziels 4. Der Leitfaden entstand in Anlehnung an Petko (2010), wobei die Fragen auf die personalisierten Lehr- und Lernkonzepte modifiziert wurden. Folgende Themenbereiche waren bei der Datenerhebung im Fokus: Merkmale der Schule, Entwicklung hin zu personalisierten Lehr- und Lernumgebungen, Rolle der digitalen Medien in der Schule, ICT-Kompetenzen und diesbezügliche Überzeugungen, konkreter Einsatz von

digitalen Medien im Unterricht, Ziele bei Nutzung von digitalen Medien, Bewertung der Unterrichtsentwicklung durch den Einsatz von digitalen Medien, die Rolle der Interviewten bei der Nutzung digitaler Medien sowie nächste Schritte/Weiterentwicklung.

Nach den Schulbesuchen wurden alle Interviews mit der Transkriptionssoftware F5 transkribiert und eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) durchgeführt, bei welcher ebenfalls die Beobachtungsnotizen und weitere Dokumente der Schulen herangezogen wurden (Yin, 2014). Nach der Verdichtung der zentralen Aussagen wurde zu jeder Schule ein vorläufiger Fallbericht verfasst. Anschliessend folgte die Hauptanalyse nach Schlüsselkategorien, welche in drei übergeordnete Kategorien gegliedert wurde: *Schulrelevante Faktoren, Bereitschaft der Lehrpersonen und Unterricht mit digitalen Medien*. In einem rekursiven Prozess mit weiteren Forschenden wurden die Schlüsselkategorien innerhalb der drei Hauptkategorien kontinuierlich an das Datenmaterial angepasst. Die abschliessende Analyse wurde in Form von Fallberichten festgehalten und mit ausgewählten Zitaten aus den einzelnen Interviews untermauert (siehe Artikel 3 im Anhang A.3).

7 Überblick über die drei Artikel

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse der drei Artikel zusammenfassend dargestellt sowie die Fragestellungen, Hypothesen sofern vorhanden und Methodik kurz erläutert. Zudem wird die erbrachte Eigenleistung ausgewiesen. Eine ausführliche Darlegung zur theoretischen Einbettung und weitere inhaltliche Details zu den Ergebnissen sind in den jeweiligen Publikationen zu finden (siehe Anhang A.1-A.3).

7.1 Artikel 1: Does the Use of Educational Technology in Personalized Learning Environments correlate with Self-Reported Digital Skills and Beliefs of Secondary-School Students?

Schmid, R. & Petko, D. (2019). Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students? *Computers & Education*, 136, 75–86.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.006>

In Artikel 1 wurde das Ziel verfolgt zu untersuchen, ob die zwei Dimensionen des personalisierten Lernens „offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien“ und

„Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien“ in einem positiven Zusammenhang mit den selbsteingeschätzten ICT-Kompetenzen der Sekundarschüler:innen und ihren Überzeugungen, ob digitale Medien zum Lernen nützlich sind, stehen. Zusätzlich zu diesem Hauptforschungsinteresse wurde die allgemeine Nutzung der digitalen Medien bei verschiedenen Unterrichtsaktivitäten analysiert, um die digitale Medienintegration von Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten besser zu verstehen.

Häufig wurde davon ausgegangen, dass sich eine höhere digitale Mediennutzung in der Schule positiv auf die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen auswirkt (Claro et al., 2012; Fraillon et al., 2014; Voogt et al., 2013). Doch die bisher vorliegenden empirischen Befunde unterstützen diese Annahme in vielen Fällen nicht (u.a. Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014; Hatlevik et al., 2015, 2018). Werden ausschliesslich offene und individualisierte Lernumgebungen analysiert, so zeigt sich im Vergleich zu traditionellen Unterrichtsformen eine intensivere schulische Mediennutzung (Europäische Kommission, 2013; Hermans et al., 2008; Law, Pelgrum, & Plomp, 2008; OECD, 2015; Petko, 2012; Petko, Schmid, Pauli, Stebler, & Reusser 2017). Vorausgesetzt die Integration erfolgt auf eine sinnvolle Weise und folglich in guter Qualität, kann eine Zunahme der ICT-Kompetenzen sowie Überzeugungen der Schüler:innen erwartet werden. Diese Hypothese wurde im Artikel 1 bei 31 Sekundarschulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten auf der Basis der Online-Schüler:innenbefragung überprüft (siehe Kapitel 6.1).

Anhand von vorgängigen deskriptiven Analysen wurde sichtbar, dass 86,4 % der Schüler:innen der Stichprobe (N = 1017) einen Computer in Settings des personalisierten Unterrichts nutzen. Vergleicht man diese Angaben mit der nationalen Schweizer Stichprobe in ICILS 2013, so zeigt sich, dass die Schüler:innen mit personalisiertem Lehr- und Lernkonzepten viel häufiger Computer im Unterricht nutzen als die Schüler:innen in durchschnittlichen Schweizer Schulen (ICT-Nutzung im Unterricht mindestens einmal pro Woche: perLen = 74.8% vs. ICILS = 34.4%). Richtet man den Blick auf die verschiedenen Unterrichtsaktivitäten mit Computernutzung innerhalb des personalisierten Unterrichts, so zeigt sich nach Ausschluss der Nicht-Computer-Nutzenden, dass die Schüler:innen (N=860) durchschnittlich am häufigsten selbständig am Computer arbeiten (mindestens einmal pro Woche). Insgesamt schätzen die Schüler:innen die Selbstbestimmung hinsichtlich Vorgehensweise und Zeiteinteilung am Computer als hoch ein (knapp einmal pro Woche). Offene Lehr- und Lernmethoden wie beispielsweise an einem Wochenplan zu arbeiten, liegen gemäss den Schülerangaben im Mittelfeld (etwa einmal im Monat). Auch das Kooperieren mit

einer Lernpartnerin / einem Lernpartner am Computer findet im Durchschnitt ungefähr monatlich statt. Am seltensten wird im Durchschnitt am Computer reflektiert, bzw. ein digitales Lernjournal oder -tagebuch geführt (fast nie).

Basierend auf diesen deskriptiven Analysen wurden mithilfe eines Strukturgleichungsmodells Zusammenhänge zwischen den beiden latenten Dimensionen des personalisierten Lernens und den selbsteingeschätzten ICT-Kompetenzen sowie den diesbezüglichen Überzeugungen der Schüler:innen berechnet und analysiert. Hypothesenkonform erwies sich der Effekt der offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien auf die selbsteingeschätzten ICT-Kompetenzen der Schüler:innen und ihren Überzeugungen zur Nützlichkeit digitaler Medien beim Lernen als mittel bis stark. Jedoch bei der zweiten Dimension des personalisierten Lernens – die wahrgenommenen Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien – zeigt sich ein konträres Bild. Entgegen der Hypothese streben die Effekte gegen Null. Die Korrelation zwischen den zwei Dimensionen des personalisierten Lernens mit digitalen Medien ist hingegen erwartungsgemäss stark. Wird aufgrund dieser starken Korrelation die Dimension „Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien“ als Mediator im Strukturgleichungsmodell abgebildet und berechnet, bleiben die Effekte aller Pfade trotzdem unverändert. Ferner wurden im Strukturgleichungsmodell die digitale Mediennutzung zu Hause sowie das Geschlecht als externe Faktoren mitberücksichtigt. Dabei konnte identifiziert werden, dass die digitale Mediennutzung zu Hause nach Selbstangabe einen geringen positiven Einfluss auf die selbsteingeschätzten ICT-Kompetenzen der Schüler:innen sowie auf ihre Überzeugungen zum Lernen mit digitalen Medien hat. Auch wird ein kleiner bis mittlerer Geschlechtseffekt sichtbar; die Knaben bewerten im Durchschnitt ihre ICT-Kompetenzen sowie die Nützlichkeit von digitalen Medien für das Lernen in geringem Mass höher als die Mädchen. Weitere Kontrollvariablen wie das Alter wurden ausgeschlossen, da sie keine signifikanten Effekte aufwiesen und sich das Modell, bzw. die Fit-Werte verschlechterten.

Diese Ergebnisse liefern Hinweise darauf, dass sich personalisierte Lernumgebungen zur digitalen Medienintegration eignen und diese im Vergleich zu herkömmlichen Schulen auch vermehrt erfolgt. Besonders eine häufigere Nutzung digitaler Medien bei offenen Lehr- und Lernformen scheint sich sowohl auf die selbsteingeschätzten ICT-Kompetenzen als auch auf die Überzeugungen zur Nützlichkeit digitaler Medien beim Lernen positiv auszuwirken. Dieses Resultat von Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten kontrastiert mit bisherigen Forschungsergebnissen, welche keine so deutlichen Zusammenhänge aufzeigen konnten (Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014, 2020; Schaumburg et al., 2019; Wastiau et al.,

2013). Die Mitbestimmungs- und Wahlfreiheiten der Schüler:innen unterstützt durch digitale Medien, was oft als ein zentraler Aspekt von personalisiertem Lernen hervorgehoben wird, hat jedoch unerwartet keinen Einfluss. Es scheint daher, dass im Hinblick auf die erlebten ICT-Kompetenzen und Überzeugungen der Schüler:innen in erster Linie die Unterrichtsöffnung, die beispielsweise durch mehr selbstgesteuerte Lernphasen erreicht werden kann, entscheidend ist.

7.2 Artikel 2: Implementation of Technology-Supported Personalized Learning — Its Impact on Instructional Quality

Schmid, R., Pauli, C., Stebler, R., Reusser, K. & Petko D. (accepted). Implementation of Technology-Supported Personalized Learning — Its Impact on Instructional Quality. *The Journal of Educational Research*. 115(3), 187–198.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2022.2089086>

In Artikel 2 wurde untersucht, ob die zwei Dimensionen des personalisierten Lernens „offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien“ und „Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien“ – einen Einfluss auf die Unterrichtsqualität haben. Dabei wurde die Unterrichtsqualität anhand folgender drei Basisdimensionen operationalisiert: Kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung und Klassenführung (Fauth et al., 2014; Klieme et al., 2001; Lipowsky et al., 2009).

Bis anhin haben einige Studien spezifische digitale Tools zur Personalisierung des Lernens untersucht (Gierl et al., 2018; Lee et al., 2018; McLoughlin & Lee, 2010; Zhang, Basham et al., 2020). Doch wie lernwirksam der allgemeine Einsatz digitaler Medien in gesamtschulischen personalisierten Unterrichtskonzepten ist, wurde noch kaum analysiert (Lee et al., 2021; Shemshack & Spector, 2020; Zhang, Basham et al., 2020). Da besonders die Unterrichtsqualität im Hinblick auf die Lernleistung der Schüler:innen entscheidend ist (Baumert et al., 2010; Decristan et al., 2015; Fauth et al., 2014; Lipowsky et al., 2009), scheint es sinnvoll in einem ersten Schritt die Auswirkungen auf die Qualität des Unterrichts zu analysieren. Mit Blick auf das Praxisfeld, zeigt sich, dass bereits viele Schulen ihren Unterricht in Richtung Personalisierung mit digitalen Unterstützungstools weiterentwickelt haben. Jedoch fehlen empirische Untersuchungen zur Wirksamkeit hinsichtlich der Unterrichtsqualität. Unabhängig des spezifischen Kontexts des personalisierten Lernens mit digitalen Medien wurde die Unterrichtsqualität anhand der drei Basisdimensionen bereits umfangreich erforscht. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden in der Studie folgende Forschungsfragen und theoretischen Annahmen aufgestellt und verfolgt:

- 1) Hat personalisiertes Lernen mit digitalen Medien einen positiven Einfluss auf die kognitive Aktivierung? Da die Individualebene der einzelnen Schüler:innen, wie z. B. Vorwissen oder Interessen besser berücksichtigt werden kann als in traditionellen Lernumgebungen, wird ein positiver Einfluss des personalisierten Lernens mit digitalen Medien auf die kognitive Aktivierung erwartet (z. B. Walkington, 2013).
- 2) Hat personalisiertes Lernen mit digitalen Medien einen positiven Einfluss auf die konstruktive Unterstützung der Lehrpersonen? Häufig werden digitale Tools zur Verwaltung von personalisierten Lernplänen eingesetzt, wodurch der individuelle Stand der Aufgabebearbeitung der Schüler:innen in einem Überblick dargestellt werden kann und bestimmte Probleme während des Lernprozesses frühzeitig sichtbar werden (z.B. Reigeluth, 2017). Auf diese Weise erhalten die Lehrpersonen Hinweise zur Diagnostik und können frühzeitig individuell unterstützen. Folglich wird ein positiver Einfluss auf die konstruktive Unterstützung erwartet.
- 3) Hat personalisiertes Lernen mit digitalen Medien einen positiven Einfluss auf die Klassenführung? Durch personalisiertes Lernen mit digitalen Medien wird beispielsweise die Regelklarheit als ein Aspekt der Klassenführung nicht einfacher. Insgesamt nimmt die Komplexität der Klassenführung durch personalisierte Lernpläne eher zu, gleichzeitig allerdings steigt das Potenzial die Lernzeit effektiv zu nutzen (z.B. Lee et al., 2021; Postholm, 2013). Somit wird kein Einfluss auf die Klassenführung angenommen.

Zur Überprüfung der erläuterten Forschungsfragen wurde in R ein Strukturgleichungsmodell berechnet, in welchem personalisiertes Lernen mit digitalen Medien anhand der eingangs erwähnten zwei Dimensionen operationalisiert wurde. Die Datengrundlage bildet die Online-Schüler:innenbefragung an den 31 Sekundarschulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten (siehe Kapitel 6.1).

Anhand der Kennwerte des Strukturgleichungsmodells zeigt sich eine gute Passung zwischen den Daten und dem Modell, folglich mussten keine zusätzlichen Korrelationen zwischen Residuen in das Modell aufgenommen werden. Die Ergebnisse machen sichtbar, dass sowohl die offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien als auch die Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen als korrelierte latente Prädiktoren mit einer Subdimension der Unterrichtsqualität in kleinem Ausmass, doch signifikant positiv korrelieren. Offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien haben einen positiven Effekt auf die von den Schüler:innen selbst eingeschätzte kognitive Aktivierung und die Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien haben einen positiven Effekt auf die wahrgenommene konstruktive Unterstützung der Lehrperson. Alle weiteren Effekte auf die

Subdimensionen der Unterrichtsqualität streben gegen Null und sind daher statistisch nicht signifikant. Ferner zeigt sich, dass die drei Subdimensionen der Unterrichtsqualität stark zusammenhängen. Auch die beiden Dimensionen des personalisierten Lernens mit digitalen Medien korrelieren stark. Somit konnten die Forschungsfragen zur kognitiven Aktivierung (1) und zur konstruktiven Unterstützung (2) teilweise entsprechend den theoretischen Annahmen bestätigt werden. Die dritte Forschungsfrage konnte vollständig erwartungsgemäss beantwortet werden; beide Dimensionen des personalisierten Lernens mit digitalen Medien hatten keinen Einfluss auf die Klassenführung. Bei der Forschungsfrage 1 haben die Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen am Computer entgegen der Annahme keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die kognitive Aktivierung. Möglicherweise war der Spielraum für die Schüler:innen zu wenig bedeutsam gestaltet, so dass die Dimension zu keinem Effekt führte (siehe auch Gross et al., 2018). Auch ist ein indirekter Einfluss über motivationale Aspekte auf die kognitive Aktivierung als Erklärungsansatz möglich (Walkington & Bernacki, 2018). Bezogen auf die Forschungsfrage 2 konnte kein statistisch signifikanter Einfluss der offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien auf die konstruktive Unterstützung identifiziert werden. Ein Erklärungsansatz zu diesem unerwarteten Ergebnis könnte in der geringen Häufigkeit des Vorkommens offener Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien liegen, wie aus der deskriptiven Analyse hervorgeht. Möglicherweise führen offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien erst bei regelmässigerer Durchführung zu einer höheren wahrgenommenen Unterstützung.

Diese Resultate deuten darauf hin, dass es in der Regel den Lehrpersonen mit offenen Lehr- und Lernformen unterstützt durch digitale Medien gelingt, anspruchsvolle Aufgaben zu stellen, die zu einer tiefen Verständnisorientierung führen. Da die Häufigkeit nur in Kombination mit qualitätsvoller Umsetzung zu einer höheren Unterrichtsqualität führen kann, scheint bei der Stichprobe im Durchschnitt eine qualitative Integration der digitalen Medien im offenen Unterricht zu erfolgen. Zudem zeigt sich, dass wenn die Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien die Vorgehensweise, die Zeitgestaltung und inhaltliche Aspekte vermehrt mitgestalten können, dann nehmen sie die Lernunterstützung der Lehrpersonen auch als grösser wahr. Dies deutet auf eine verbesserte fachliche und emotionale Lernunterstützung hin, die zu besseren Schülerleistungen führen kann (Cornelius-White, 2007; Freeman et al., 2014).

7.3 Artikel 3: Examining the Use of Technology in Schools with a School-Wide Approach to Personalized Learning

Schmid, R., Pauli, C., & Petko, D. (2022). Examining the Use of Technology in Schools with a School-Wide Approach to Personalized Learning. *Educational technology research and development*.
<https://doi.org/10.1007/s11423-022-10167-z>

Als Ergänzung zu Artikel 1 und 2 wurde in diesem Artikel qualitativ untersucht, wie digitale Medien generell in Schulen mit einem gesamtschulischen personalisierten Unterrichtskonzept eingesetzt werden. Dazu wurden drei Schulen mit einer hohen Nutzung von digitalen Medien im Unterricht aus den 31 Sekundarschulen ausgewählt und mittels leitfadengestützten Interviews und Unterrichtsbeobachtungen im Kontext von Fallstudien untersucht (siehe Kapitel 6.1).

Anhand der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) mit Einbezug der Feldnotizen und Schuldokumenten (Yin, 2014) zeigt sich, dass alle drei Fälle eine unterschiedliche Alltagspraxis hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht aufweisen.

Schule A setzt die digitalen Medien selektiv nach den individuellen Präferenzen der Lehrpersonen ein. Jede Lehrperson definiert individuell, wann und wie sie/er digitale Medien im Unterricht einsetzt. Dabei muss jedoch ein Minimalkonsens unter den Lehrpersonen, die an derselben Klasse unterrichten, gefunden werden. Regelmässig besprechen sich die Lehrpersonen, welcher Einsatz von digitalen Medien zu einem Mehrwert führt. Die geschilderten Diskussionen zeigen auf, dass insbesondere ältere Lehrpersonen der Nutzung von digitalen Medien eher skeptisch gegenüberstehen. Andere Lehrpersonen setzten sich für eine sinnvolle Kombination von digitalen und analogen Medien ein. Auf der Schulebene sind die digitalen Medien weder im Leitbild noch in den internen Schulregeln zu finden. Dennoch führt dieser gezielte Einsatz von digitalen Medien zu einigen administrativen Vereinfachungen, funktionalen Verbesserungen im personalisierten Unterricht und es werden auch neue Aufgabentypen ermöglicht. Die Schüler:innen erhalten mehr Wahlmöglichkeiten, insbesondere während des selbstgesteuerten Lernens, in denen sie mit individuellen Lernplänen arbeiten. Gleichzeitig schränken einige Lehrpersonen die Wahlmöglichkeiten mit digitalen Medien wieder ein, in dem die Schüler:innen bei der Bearbeitung von Lernaufgaben begründen müssen, weshalb die Nutzung digitaler Medien notwendig ist.

Schule B setzt die digitale Medien mehrheitlich nach den individuellen Vorlieben der Schüler:innen ein. Am häufigsten können die Schüler:innen während der ersten Unterrichtsstunde und während der Phasen des selbstgesteuerten Lernens entscheiden, ob sie digitale Medien für Aufgaben nutzen möchten. Die Nutzung von digitalen Medien gehört für die grosse Mehrheit der Lehrpersonen bereits zur Gewohnheit. Dennoch erfolgt der Unterrichtseinsatz digitaler Medien noch nicht systematisch, dies im Gegensatz zur Organisation auf der Schulebene, die vollständig digital abläuft. Die Schulleitung fördert die Integration digitaler Medien im Unterricht. Jedoch wird der Prozess zu vermehrtem Einsatz digitaler Medien schrittweise vollzogen, um Lehrpersonen mit eher negativen ICT-Überzeugungen während der Weiterentwicklung nicht zu verlieren. Den Mehrwert digitaler Medien beschreiben die befragten Lehrpersonen mit mehr Flexibilität in den personalisierten Lernumgebungen und um den Schüler:innen mehr Wahlmöglichkeiten ermöglichen zu können. Das Potenzial der digitalen Medien scheint in einigen Fächern bereits gut ausgeschöpft zu werden. Beispielsweise das Fach „Berufskunde“ ist von der Integration digitaler Medien abhängig. Es könnte ohne Nutzung einer spezifischen webbasierten Software weder in der gleichen Qualität noch mit dem gleichen Grad an Personalisierung unterrichtet werden.

Schule C setzt digitale Medien systematisch nach einer gesamtschulischen Strategie im personalisierten Unterricht ein. Eine systematische und häufige Nutzung von Lernplattformen erleichtert die Verwaltung des neuen Unterrichtssystems. Insgesamt betrachten die Lehrpersonen die Nutzung digitaler Medien als unterstützend und vorteilhaft. Die Co-Schulleitung ist skeptischer im Vergleich zu den Lehrpersonen hinsichtlich des Unterrichtseinsatzes digitaler Medien und fördern diesen daher nicht. Die Co-Schulleitung schätzt die Nutzung digitaler Medien ausserhalb der Schule / zuhause bereits als hoch ein. Trotzdem wird innerhalb der Unterrichtsentwicklung die digitale Medienintegration von der Co-Schulleitung als hilfreiche Unterstützungsmassnahme angesehen. Personalisiertes Lernen wird durch Aufgabenstellungen mit Wahlmöglichkeiten und einer erhöhten Schülerautonomie während der selbstgesteuerten Lernphasen umgesetzt. Auch werden die Schüler:innen je nach Fach in Leistungsgruppen eingeteilt, wodurch eine weitere Differenzierung erfolgt. Digitale Medien werden dabei vor allem zur Individualisierung und Interaktivität genutzt, wobei grösstenteils die Lehrpersonen vorgeben, bei welchen Aufgaben digitale Medien genutzt werden dürfen.

Diese drei Fallbeispiele zeigen auf, dass alle Lehrpersonen der drei Schulen häufig digitale Medien zur Planung, Organisation und Durchführung des Unterrichts einsetzen. Dieser Befund untermauert die bestehenden Ergebnisse von Lee et al. (2018). Obschon eine genügende

bis gute IT-Infrastruktur zur Verfügung steht, ist die Unterrichtsnutzung digitaler Medien seitens der Schüler:innen jedoch noch deutlich geringer als die digitale Mediennutzung der Lehrpersonen. Am häufigsten nutzen die Schüler:innen digitale Medien in den Phasen des selbstgesteuerten Lernens. Dies stellt eine weitere Gemeinsamkeit aller drei Schulen dar. Daher scheinen sich die selbstgesteuerten Lernphasen besonders gut für die Integration von digitalen Medien zu eignen. Dieses Ergebnis knüpft an den bestehenden Forschungsstand zur allgemeinen Integration von digitalen Medien in Schulen an, welcher aufzeigt, dass in offenen Unterrichtsformen digitale Medien häufiger als in traditionellen Unterrichtsformen integriert werden (OECD, 2015; Schaumburg, 2018; Tondeur et al., 2017). Obschon in diesen Schulen – im Vergleich zu herkömmlichen Schweizer Schulen – relativ häufig digitale Medien im Unterricht implementiert werden (Schmid & Petko, 2019), wird sichtbar, dass die digitalen Medien in den Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten keine Schlüsselfunktion einnehmen. Nirgends sind die digitalen Medien in den Schulleitbildern explizit zu finden, auch ein ICT-Konzept zur Implementierung im personalisierten Unterricht fehlt. Dies ist ein unerwarteter Befund, da in der Forschungsliteratur die digitalen Medien als zentralen Aspekt des personalisierten Lernens hervorgehoben werden (Lee et al., 2018; Schaumburg, 2021; Xie et al., 2019). In diesen Fallschulen werden die Potenziale von digitalen Medien erst ansatzweise genutzt. Somit besteht eine grosse Diskrepanz zwischen den erforschten Unterstützungspotenzialen und der tatsächlichen Nutzung in der Praxis dieser Schulen.

7.4 Eigenleistung

Gemäss den Richtlinien einer publikationsbasierten Dissertation am Departement für Erziehungs- und Bildungswissenschaften der Universität Freiburg (CH) ist die Eigenleistung bei Ko-Autorenschaft auszuweisen, auf die nachfolgend eingegangen wird.

Die Erstautorin verfasste alle drei Artikel selbstständig und in englischer Sprache. Die Koautor:innen gaben Hinweise und Rückmeldungen zu den Auswertungen sowie Manuskriptfassungen. Alle Manuskripte mussten nach dem double-blind Reviewverfahren überarbeitet werden. Die Überarbeitung nahm die Erstautorin vor und hielt dabei Rücksprache mit den Ko-Autor:innen. Jede Einreichung wurde erst vorgenommen, nachdem die Erstautorin eine schriftliche Einverständniserklärung aller Ko-Autor:innen erhalten hat. Weiter wurden alle drei Manuskripte vor der Ersteinreichung professionell lektoriert, so dass trotz Fremdsprache ein hohes Schriftsprachniveau erzielt werden konnte.

8 Diskussion

In diesem Kapitel werden zuerst die Hauptergebnisse der drei Studien entlang der Forschungsziele zusammenfassend dargestellt und in Verbindung mit der dargelegten Theorie sowie dem Forschungsstand diskutiert. Ausgehend von diesen Überlegungen werden Implikationen in Form von Empfehlungen für Schulen und Lehrpersonen abgeleitet. Abschliessend werden inhaltliche sowie methodische Grenzen der vorliegenden Arbeit erörtert und zukünftige Herausforderungen aufgezeigt.

8.1 Zusammenfassung der Hauptergebnisse

Diese Arbeit verfolgte vier Zielsetzungen (siehe Kapitel 4), anhand deren im Nachfolgenden die Hauptergebnisse der drei Studien rekapituliert werden.

1. Beschreibung der Häufigkeit des Einsatzes von digitalen Medien während verschiedener Unterrichtsaktivitäten in Schulen mit personalisierten Lernkonzepten

Diese Zielsetzung wurde in Artikel 1 verfolgt und in Kapitel 7.1 bereits erläutert. Die Datenbasis bildeten die Antworten der Schüler:innen der Online-Befragung. Die deskriptive Auswertung zeigte zum einen, dass die grosse Mehrheit der Teilnehmenden im personalisierten Unterricht den Computer nutzt. Zum anderen werden Computer im personalisierten Unterricht im Vergleich mit einer durchschnittlichen Schweizer Schule im Mittel mehr als doppelt so häufig genutzt. Wird diese Nutzungshäufigkeit anhand von Durchschnittswerten der Selbsteinschätzungen entlang verschiedener Unterrichtsaktivitäten betrachtet, arbeiten die Schüler:innen am häufigsten – mindestens einmal wöchentlich – selbstständig in Einzelarbeit am Computer. Dies bedeutet zugleich, dass keine der erfragten Unterrichtsaktivitäten fast täglich mithilfe des Computers stattfindet. Arbeiten die Schüler:innen allein am Computer, so dürfen sie jedoch meistens auch das Vorgehen sowie die Zeiteinteilung selbst bestimmen. Des Weiteren werden Computer ungefähr einmal monatlich im offenen Unterricht, z.B. bei individueller Planarbeit, zum Lernen genutzt. Auch computergestütztes kooperatives Lernen liegt im Mittelfeld. Zur Reflexion wird der Computer hingegen fast nie eingesetzt.

2. Quantitative Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem personalisierten Lernen mit digitalen Medien und den selbst eingeschätzten ICT-Kompetenzen sowie diesbezüglichen Überzeugungen der Schüler:innen

Die in Artikel 1 dargelegte Datenanalyse zeigt, dass offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien erwartungsgemäss in einem positiven Zusammenhang mit den selbst eingeschätzten ICT-Kompetenzen und diesbezüglichen Überzeugungen der Schüler:innen stehen. Im Gegensatz dazu haben die durch digitale Medien unterstützen Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen den Erwartungen widersprechend keinen Einfluss darauf, als wie nützlich die Schüler:innen digitale Medien zum Lernen einschätzen und wie hoch sie ihre ICT-Kompetenzen einstufen. In Schulen mit personalisiertem Unterricht scheint die Öffnung des Unterrichts somit der entscheidende Faktor für die Stärkung der wahrgenommenen ICT-Kompetenzen der Schüler:innen und deren Überzeugungen bezüglich der Nützlichkeit von digitalen Medien zum Lernen zu sein.

3. Quantitative Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Intensität des personalisierten Lernens mit digitalen Medien und der Unterrichtsqualität aus der Perspektive der Schüler:innen

Diese Zielsetzung stand im Zentrum von Artikel 2; die diesbezüglichen Analysen wurden in Kapitel 7.2 ausgeführt. Die Datenauswertung der Online-Befragung der Schüler:innen zeigt, dass sowohl die offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien als auch die Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien einen positiven Effekt auf eine Subdimension der Unterrichtsqualität haben. Die entsprechenden Befunde liessen sich mit kleinen, jedoch signifikanten Effektgrössen nachweisen: Wird vermehrt in offenen Lernumgebungen mit digitalen Medien unterrichtet, so schätzen die Schüler:innen auch ihre kognitive Aktivierung höher ein. Dürfen die Schüler:innen häufiger beim Lernen mit digitalen Medien mitbestimmen, z.B. bei der Vorgehensweise oder hinsichtlich der Zeiteinteilung, so schätzen sie ebenso die konstruktive Unterstützung durch die Lehrperson im Durchschnitt höher ein. Im Gegensatz dazu scheint die wahrgenommene Klassenführung aus der Perspektive der Schüler:innen durch den vermehrten Einsatz von digitalen Medien im offenen Unterricht sowie durch ausgeweitete Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten beim Lernen mit digitalen Medien nicht beeinflusst zu werden. Dies lässt sich den erwartungskonformen Ergebnissen entnehmen. Vermehrte Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten beim Lernen mit digitalen Medien führen des Weiteren zu keiner Erhöhung der kognitiven Aktivierung und häufiges Lernen im offenen Unterricht mit digitalen Medien erwies sich als kein statistisch signifikanter Prädiktor für die wahrgenommene Lernunterstützung durch die Lehrperson. Diese unerwarteten Resultate führen zu einer bedingten Bestätigung der theoretischen Annahmen zu Fragestellung 1 und 2; das heisst,

personalisiertes Lernen mit digitalen Medien wirkt sich nur teilweise positiv auf die kognitive Aktivierung der Schüler:innen sowie auf die konstruktive Unterstützung durch Lehrpersonen aus.

4. Qualitative Untersuchung der Frage, wie digitale Medien in Schulen mit intensiver Mediennutzung im personalisierten Unterricht eingesetzt werden

Diese Zielsetzung wurde in Artikel 3 verfolgt und in Kapitel 7.3 thematisiert. Basierend auf der Online-Befragung der Schüler:innen wurden drei Schulen mit intensiver Nutzung von digitalen Medien identifiziert und im Rahmen von Fallstudien vertiefend untersucht. Die Ergebnisse dieser Analysen zeigen unterschiedliche Arten, wie digitale Medien im Schulalltag eingesetzt werden. Während Schule A digitale Medien selektiv nach den individuellen Präferenzen der Lehrpersonen einsetzt, werden sie bei Schule B selektiv entsprechend den individuellen Vorlieben der Schüler:innen genutzt. Nur bei Schule C existiert eine schulweite Strategie, nach welcher digitale Medien im personalisierten Unterricht systematisch eingesetzt werden. Insgesamt lässt sich festhalten, dass digitale Medien vor allem während der selbstgesteuerten Lernphasen eingesetzt werden. Die Potenziale der Unterstützungsmöglichkeiten von digitalen Medien werden jedoch erst ansatzweise ausgeschöpft.

8.2 Diskussion der Ergebnisse

Auf der Basis der vorangehend rekapitulierten Befunde lassen sich für die vorliegende Arbeit sechs Haupteckdaten formulieren. Diese werden nachfolgend in Bezug auf bestehende Forschungsergebnisse interpretiert sowie methodisch und inhaltlich diskutiert.

(1) In den untersuchten personalisierten Unterrichtsformen werden digitale Medien durchschnittlich deutlich häufiger eingesetzt als in herkömmlichen Unterrichtsformen der nationalen ICILS-Stichprobe.

Verschiedene internationale Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass digitale Medien in offenen Unterrichtsformen häufiger eingesetzt werden als in traditionellen Unterrichtssettings (Hermans et al., 2008; Law et al., 2008; OECD, 2015; Petko, 2012). Nebst diesen Hinweisen zeigen andere Studien auf, dass digitale Medien unabhängig von der Unterrichtsorientierung der Lehrperson für unterrichtliche Zwecke genutzt werden, wobei sich jedoch Unterschiede in der Wahl des digitalen Unterstützungswerkzeugs und in der Art und Weise, wie dieses im

Unterricht eingesetzt wird, manifestieren (Drossel et al., 2019; Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2013; Voogt, 2008) (siehe Kapitel 3.3).

In der vorliegenden Arbeit lässt sich anhand der in Artikel 1 dargelegten Ergebnisse aufzeigen, dass die Schüler:innen digitale Medien in personalisierten Unterrichtsformen häufiger nutzen, als dies in einer durchschnittlichen herkömmlichen Sekundarschule in der Schweiz der Fall ist. Während drei Viertel der Sekundarschüler:innen aus Schulen mit personalisiertem Unterricht aussagten, den Computer in der Schule mindestens einmal pro Woche zum Lernen zu nutzen, hatten dies nur knapp 35% der Sekundarschüler:innen der nationalen Referenzstichprobe von ICILS (2013) berichtet. Dieser ausgeprägte Unterschied zeigt sich auch bei Ergebnissen einer Studie aus den USA, die explizit personalisierte Unterrichtsformen in 62 US-Schulen analysiert hatte (Pane et al., 2015). Somit scheint sich ein personalisierter Unterricht mit offenen Lehr- und Lernphasen besser zu eignen, um Schüler:innen die Möglichkeit zu geben, ihr Lernen durch digitale Medien zu unterstützen, als ein herkömmlicher Unterricht mit einem grösseren Zeitanteil von lehrpersonengesteuerten Unterrichtsphasen.

Diese empirisch gestützte Annahme kann zusätzlich untermauert werden, wenn die in Artikel 3 dargelegten Ergebnisse zur Nutzung miteinbezogen werden. Obschon digitale Medien in den Fallschulen sehr unterschiedlich eingesetzt werden, so zeigt sich in allen Schulen als Gemeinsamkeit, dass die Schüler:innen digitale Medien insbesondere während der selbstgesteuerten Lernphasen zum Lernen nutzen (siehe Kapitel 7.3). Solche Lernphasen, in denen die Schüler:innen selbstständig an ihren persönlichen Lernplänen arbeiten und von den Lehrpersonen adaptiv unterstützt werden, wurden bei der Unterrichtsentwicklung in Richtung Personalisierung häufig mit fixen Zeitfenstern im Stundenplan verankert. In Anbetracht dieser Erkenntnisse lassen sich selbstgesteuerte Lernphasen im personalisierten Unterricht als zentrales didaktisches Setting zur Integration von digitalen Medien benennen. Entscheidend scheint diesbezüglich zugleich zu sein, dass die Schüler:innen digitale Medien regelmässig zur Unterstützung ihres Lernens nutzen können. Zudem deuten bisherige metaanalytische Forschungsbefunde darauf hin, dass das didaktische Potenzial digitaler Medien zur Leistungssteigerung in offenen Unterrichtsformen besser genutzt wird (Major et al., 2021; Schaumburg, 2018; Sokolowski et al., 2015; Van Schoors et al., 2021).

(2) Trotz einer vergleichsweise häufigen Nutzung digitaler Medien im Unterricht zeigen die absoluten Durchschnittswerte ein differenzierteres Bild: Offene Lehr- und Lernformen mit

digitalen Medien liegen bei einer monatlichen Frequenz und die Mitbestimmungs- und Wahlfreiheiten bei einer wöchentlichen Frequenz.

Obschon die allgemeine Nutzungshäufigkeit von digitalen Medien an Sekundarschulen zugenommen hat (Fraillon et al., 2014, 2020), wird das Potenzial von offenen Unterrichtsformen mit digitalen Medien im deutschen wie auch im internationalen Kontext noch nicht ausgeschöpft (Drossel et al., 2019). So gaben in einer Befragung von Drossel et al. (2019) im internationalen Mittel zwar über 60% der Lehrpersonen an, häufig bis immer digitale Medien zur Informationspräsentation im Frontalunterricht zu nutzen. Deutlich weniger Lehrpersonen – 35% – setzen digitale Medien jedoch häufig bis immer zur individuellen Förderung ein (Drossel et al., 2019). Sailer et al. (2021) wiederum analysierten die Unterrichtsaktivitäten mit digitalen Medien an bayerischen Sekundarschulen und stellten dabei fest, dass die Schüler:innen auf Sekundarschulstufe beim Einsatz digitaler Medien im Unterricht einen signifikanten Zeitanteil lang passiv blieben.

Vor diesem Hintergrund lässt sich für die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Schulen mit personalisierten Unterrichtsformen anhand der Auswertung der Online-Befragung festhalten, dass die Schüler:innen im Unterricht vergleichsweise häufig digitale Medien nutzen, wie dies bei der Erörterung der ersten Haupteckennis bereits dargelegt wurde. Die Analyse der verschiedenen durch digitale Medien unterstützten Unterrichtstätigkeiten sowie die zugehörigen absoluten Werte zeigen jedoch ein differenziertes Bild, das sich an den allgemeinen Forschungsstand zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht anschliessen lässt (Drossel et al., 2019; Fraillon et al., 2020; Sailer, Murböck, et al., 2021).

Die Dimension „offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien“ weist einen Durchschnittswert einer monatlichen Nutzungsfrequenz auf. Somit nutzen die 860 befragten Schüler:innen den Computer durchschnittlich lediglich einmal im Monat im Lernatelier oder bei der Bearbeitung ihres persönlichen Wochenplans, Lernplans bzw. Tagesplans. Dieser deskriptive Befund zu den offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien ist in Anbetracht der ersten Haupteckennis als eher ernüchterndes Resultat zu werten. Ein möglicher Grund für diese unerwartet geringe Nutzungshäufigkeit könnte allerdings in der Operationalisierung und der Erfassung des Konstrukts liegen, da die Itemformulierung – „Im Unterricht arbeite ich im ‚Lernatelier‘ am Computer“ – zu spezifisch gewesen sein könnte (siehe Artikel 1 und 2). Schüler:innen, die ihre selbstständig gestalteten Lernphasen anders nennen, beispielsweise „vertiefendes Lernstudium“ (VLS), könnten diese Frage mit „(fast) nie“ beantwortet haben, obwohl digitale Medien in solchen Lernphasen genutzt werden. Da die Schüler:innen zum Zeitpunkt der Online-Befragung im Durchschnitt jedoch 14 Jahre alt waren

und der Lehrperson bei Unklarheiten Fragen stellen konnten, dürfte trotz dieser gegebenenfalls problematischen Formulierung von einer kleinen Verzerrung auszugehen sein. Zudem liegt die angegebene monatliche Nutzungshäufigkeit im Kontext aller erfragten Unterrichtstätigkeiten am Computer im Mittelfeld. Somit scheint das didaktische Potenzial von digitalen Medien im offenen Unterricht auch in Schulen mit personalisierten Unterrichtsformen erst ansatzweise genutzt zu werden (Drossel et al., 2019; Fraillon et al., 2020; Sailer, Murböck, et al., 2021).

Im Gegensatz zum eher moderaten Einsatz in offenen Lehr- und Lernformen spielt das Festlegen der Vorgehensweise, des Zeitmanagements und der Lerninhalte am Computer mit einer im Durchschnitt wöchentlichen Nutzung eine gewichtigere Rolle. Dieser vergleichsweise hohe Wert hinsichtlich der Dimension „Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen mit digitalen Medien“ deckt sich mit einer aktuellen US-Studie zu einer Initiative für personalisiertes Lernen mit webbasierten digitalen Medien (Phan, 2020). Zu bedenken gilt es diesbezüglich jedoch, dass die Häufigkeit allein keine Rückschlüsse auf den Ausprägungsgrad der Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten zulässt, der als ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf die Leistungsentwicklung erachtet wird (Karich et al., 2014; Walkington, 2013). So deuten die qualitativen Daten der Fallschulen auch auf einen eher geringen Ausprägungsgrad hin: Obschon innerhalb der Aufgabenstellungen in eingeschränktem Masse mitbestimmt werden kann, wird der Einsatz des (digitalen) Umsetzungswerkzeugs bei den einzelnen Aufgaben meist vorgegeben (siehe Artikel 3).

Weitere Hinweise darauf, dass das Unterstützungspotenzial von digitalen Medien erst ansatzweise ausgeschöpft wird, liefern die in Artikel 3 dargestellten Fallstudien. Die digitalen Medien werden auf der Schulebene mehrheitlich unsystematisch eingesetzt und nehmen, anders als beispielsweise in den jeweiligen Leitbildern der Schulen, keine Schlüsselrolle ein. Dieser Befund ist unerwartet vor dem Hintergrund, dass digitale Medien in der Forschungsliteratur als zentraler Aspekt zur Förderung personalisierten Lernens hervorgehoben werden (Bingham et al. 2018; Dabbagh & Castaneda, 2020; Zhang, Basham, & Yang, 2020). Zudem werden adaptive Unterstützungswerkzeuge wie ITS kaum eingesetzt, wie dies auch aus der ICILS Studie 2018 hervorging, obwohl der Unterricht unter anderem durch verschiedene nach Leistungsniveau eingeteilte Lerngruppen, offene Aufgabenstellungen sowie Unterstützungsmaterialien an die unterschiedlichen Voraussetzungen der Schüler:innen angepasst wird. Resümierend festzuhalten gilt es somit einerseits, dass das Unterstützungspotenzial adaptiver Technologien noch grösstenteils ungenutzt bleibt. Andererseits wird deutlich, dass personalisierte Lernumgebungen auch ohne den systematischen Einbezug digitaler Medien wie beispielsweise adaptiver Lernsoftware gestaltet

werden können, was im wissenschaftlichen Diskurs oft zu wenig beachtet wird (z.B. Lee et al., 2018; Xie et al., 2019).

(3) Offene Lehr- und Lernformen unterstützt durch digitale Medien stehen in einem positiven Zusammenhang mit den ICT-Kompetenzen und diesbezüglichen positiven Überzeugungen der Schüler:innen.

Im Wissenschaftsdiskurs wird oft davon ausgegangen, dass der Einsatz von digitalen Medien im Unterricht der obligatorischen Schulzeit positive Auswirkungen auf die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen hat (Claro et al., 2012; Eickelmann et al., 2019; Fraillon et al., 2014; Voogt et al., 2013). Die empirische Befundlage zeigt gemäss den Ergebnissen von ICILS 2013 und 2018 jedoch, dass die schulische Nutzung digitaler Medien nur schwach – in Deutschland und in der Schweiz sogar negativ – mit den selbst eingeschätzten wie auch mit den gemessenen ICT-Kompetenzen der Sekundarschüler:innen zusammenhängt (Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014, 2020; Schaumburg et al., 2019). Ein überwiegend positiver Zusammenhang zwischen der schulischen Nutzung digitaler Medien und den Einstellungen scheint hingegen in Bezug darauf zu bestehen, wie nützlich die Schüler:innen digitale Medien zum Lernen einschätzen (Gibson et al., 2014; Hakkarainen et al., 2000). Die Lernüberzeugungen von Schüler:innen sind im Gegensatz zu den Überzeugungen von Lehrpersonen allerdings weniger umfangreich erforscht (Drossel et al., 2019; Ertmer et al., 2012; Tondeur et al., 2017). Obschon die schulische Nutzungshäufigkeit einen Hinweis hinsichtlich des Stellenwertes von digitalen Medien im Unterricht zu liefern vermag, gilt es zudem zu bedenken, dass die Umsetzungsqualität entscheidend ist hinsichtlich der Frage, ob ICT-Kompetenzen erworben werden können (Petko, 2020; Schaumburg et al., 2019).

In den vorliegenden Schulen mit personalisierten Lernkonzepten konnte ein starker positiver Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Nutzung digitaler Medien im Unterricht und den selbst eingeschätzten ICT-Kompetenzen sowie diesbezüglichen Überzeugungen der Schüler:innen aufgezeigt werden (siehe Artikel 1). Daher scheint eine adäquate Integration digitaler Medien bei der Durchführung von offenen Lehr- und Lernformen in dieser Stichprobe zu gelingen. Dieser positive Befund steht in starkem Kontrast zu den bisherigen Forschungsbefunden zum deutschsprachigen Raum (Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014, 2020; Schaumburg et al., 2019). Ein möglicher Erklärungsansatz könnte darin liegen, dass sich die personalisierten Unterrichtspraxen im Vergleich zu herkömmlichen Unterrichtssettings besser für eine qualitätsvolle Integration digitaler Medien eignen. Im Gegensatz zu dem positiven Befund liess sich für die Mitbestimmungs- und Wahlfreiheiten der

Schüler:innen unterstützt durch digitale Medien als zentrales Charakteristikum von personalisiertem Lernen unerwarteterweise kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit den ICT-Kompetenzen der Schüler:innen nachweisen. Da diese zwei Dimensionen des personalisierten Lernens stark korrelierten, wurden die mittels digitaler Medien unterstützten Mitbestimmungs- und Wahlfreiheiten auch als Mediator analysiert, wobei das Resultat unverändert blieb. Ein möglicher Grund für diesen unerwarteten Befund könnte darin liegen, dass der den Schüler:innen gewährte Spielraum zu wenig bedeutsam erlebt wurde und sich dadurch beispielsweise die Aufgabenrelevanz zu wenig erhöht hatte (Walkington, 2013; Walkington & Bernacki, 2018).

Angesichts dieser Befunde scheint sich insbesondere die Unterrichtsöffnung mittels einer vermehrten Durchführung selbstgesteuerter Lernphasen mit personalisierten Lernplänen für eine adäquate Medienintegration zu eignen, wodurch sich zugleich die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen sowie die Einschätzungen zur Nützlichkeit der digitalen Medien beim Lernen stärken lassen.

(4) Die Bedeutung von offenen Unterrichtsformen mit digitalen Medien für die Unterrichtsqualität: Die kognitive Aktivität der Schüler:innen kann stimuliert werden.

Trotz der zunehmenden Popularität personalisierten Unterrichts wurden erst vereinzelt Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten unterstützt durch digitale Medien empirisch untersucht (Lee et al., 2021; Shemshack & Spector, 2020; Zhang, Basham et al., 2020). Der derzeitige Forschungsstand zur Wirksamkeit ist teilweise inkonsistent. Gleichwohl sind erste empirische Hinweise verfügbar, die darauf hindeuten, dass personalisiertes Lernen mit digitalen Medien einen positiven, wenn auch moderaten Effekt auf die Leistungsentwicklung der Schüler:innen hat (Lee et al., 2021; Van Schoors et al., 2021; Zhang, Basham et al., 2020). Einschränkend gilt es diesbezüglich jedoch festzuhalten, dass die Qualität der Lehr- und Lernprozesse für eine positive Entwicklung der Leistung entscheidend ist und nicht lediglich die Einsatzhäufigkeit digitaler Medien als solche (Creemers & Kyriakides, 2008; Decristan et al., 2015; Fauth et al., 2014; Klieme, 2019). Deshalb wurde in der vorliegenden Stichprobe analysiert, ob personalisiertes Lernen mit digitalen Medien in einem positiven Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität steht.

Die in Artikel 2 berichteten Ergebnisse deuten erwartungskonform darauf hin, dass offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien in Schulen mit personalisiertem Unterricht die kognitive Aktivierung der Schüler:innen in der Tendenz stimulieren können. Offenbar gelingt es den Lehrpersonen mehrheitlich, kognitiv anspruchsvolle Aufgaben mit digitalen Medien zu

stellen, die Schüler:innen zu vertieftem Nachdenken anregen und das Verständnis fördern. Dieses positive, allerdings mit geringer Effektstärke nachweisbare Ergebnis steht im Einklang mit bestehenden Forschungsergebnissen zu offenen Unterrichtsformen bei adäquater Lernunterstützung durch die Lehrperson (Freeman et al., 2014; Lazonder & Harmsen, 2016).

Wie bereits bei der Diskussion der dritten Haupterkennnis herausgestrichen wurde, führt nicht die Häufigkeit der Integration von digitalen Medien an sich in erster Linie zu einer Erhöhung der Unterrichtsqualität, sondern es ist vielmehr eine didaktisch durchdachte Umsetzung erforderlich. Obwohl der Einsatz digitaler Medien in offenen Lehr- und Lernformen im Mittel monatlich und somit mit relativ geringer Frequenz erfolgt, scheint deren Integration in den untersuchten Schulen, qualitativ hinreichend auszufallen, was die zuvor genannte Annahme wiederum bestätigt.

Im Gegensatz dazu haben die offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien jedoch keinen statistisch signifikanten Effekt auf die konstruktive Unterstützung. Dieses Ergebnis ist unerwartet und schwieriger zu erklären. Gegebenenfalls könnte der Befund mit der bereits erwähnten geringen Häufigkeit der offenen Lehr- und Lernformen mithilfe des Computers zusammenhängen. Es wäre denkbar, dass ein gewisser Schwellenwert überschritten werden muss, so dass sich ein Effekt auf die konstruktive Unterstützung messen lässt. So zeigen Ergebnisse internationaler Studien beispielsweise auf, dass in Ländern mit einer hoch ausgeprägten Integration von digitalen Medien tendenziell eine grössere Leistungsentwicklung der Schüler:innen erzielt wird (Bos et al., 2014; Eickelmann et al., 2014; Schaumburg et al., 2019). Zugleich scheint dieser Erklärungsansatz nur bedingt zuzutreffen, da ein positiver Zusammenhang mit der kognitiven Aktivierung nachgewiesen werden konnte. Erforderlich sind daher weitere Untersuchungen in Schulen mit personalisiertem Unterricht, in denen die Dimension „offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien“ differenzierter erfasst wird, sodass deren Bedeutung besser nachvollzogen werden kann.

Auch mit Blick auf die Klassenführung liess sich kein statistischer signifikanter Zusammenhang feststellen. Dies entspricht der theoretischen Annahme und wird bei der Erörterung der nächsten Haupterkennnis ausgeführt.

(5) Die Bedeutung von Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien für die Unterrichtsqualität: Die Lernunterstützung durch die Lehrpersonen kann gefördert werden, jedoch in kleinem Ausmass.

Anknüpfend an die vorangehende Haupterkennnis lassen die in Artikel 2 dargestellten Ergebnisse darauf schliessen, dass die von den Schüler:innen erlebten Mitbestimmungs- und

Wahlmöglichkeiten beim Lernen mit digitalen Medien einen zwar geringen, aber gleichwohl signifikant positiven Einfluss auf die wahrgenommene konstruktive Unterstützung haben. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Schüler:innen eine vermehrte Lernunterstützung sowie eine bessere Einschätzung ihres Lernstands durch die Lehrperson wahrnehmen, wenn die Lehrpersonen ihnen beim Lernen mit digitalen Medien hinsichtlich der Bestimmung von Inhalt, Zeiteinteilung und Vorgehensweise ein erhöhtes Mass an Freiheit zugestehen. Dieses Ergebnis basierend auf den Einschätzungen der Schüler:innen deutet auf eine verbesserte fachliche sowie sozio-emotionale Unterstützung hin, die die Leistungsentwicklung begünstigen kann (Cornelius-White, 2007; Freeman et al., 2014).

Demgegenüber hatten die Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien entgegen der theoretischen Annahme keinen signifikanten Einfluss auf die kognitive Aktivierung. Ein möglicher Erklärungsansatz für diesen Befund könnte darin liegen, dass durch digitale Medien eröffnete Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten in erster Linie die Motivation der Schüler:innen gesteigert wird (Garn & Jolly, 2013; Walkington & Bernacki, 2018), während die kognitive Aktivierung nur indirekt beeinflusst wird. Zudem kann die Mitbestimmung, wie in der Diskussion der dritten Haupterkennnis erläutert wurde, in geringem Ausprägungsgrad stattgefunden haben, sodass sie von den Schüler:innen als zu wenig bedeutsam wahrgenommen wurde (Gross et al., 2018). Dieser letztere Erklärungsansatz steht jedoch tendenziell im Widerspruch zum nachgewiesenen Einfluss auf die konstruktive Unterstützung, weshalb eher von einem indirekten Einfluss über die Motivation auszugehen ist. Zugleich wird hier das Erfordernis einer differenzierten Untersuchung dieses Charakteristikums des personalisierten Lernens mit digitalen Medien erneut deutlich.

Hinsichtlich der Klassenführung ist weder ein signifikant positiver noch ein signifikant negativer Effekt aufgetreten. Dieser Befund ist aus methodischer Perspektive allerdings mit grosser Vorsicht zu interpretieren. Denn obschon die Reliabilität der Analysen zur Unterrichtsqualität insgesamt genügend war und die konfirmatorische Faktorenanalyse der Subskala „Klassenführung“ gute Fitwerte ergab, fiel deren interne Konsistenz ungenügend aus. Wird der erwartungskonforme Befund im Bewusstsein dieser methodischen Limitation betrachtet, so könnte er wie folgt erklärt werden: Lehrpersonen müssen auch bei der Umsetzung von durch digitale Medien unterstützten personalisierten Unterrichtsformen nach wie vor das erwartete Verhalten gemeinsam mit den Schüler:innen definieren und dieses je nach Situation einfordern, sodass die Lernzeit effektiv genutzt werden kann (Klieme, 2019; Kounin, 1970; Postholm, 2013). Des Weiteren nimmt die Komplexität von Lernumgebungen durch die

Personalisierung tendenziell zu, wodurch sich die Klassenführung entsprechend eher anspruchsvoller gestaltet.

(6) Eine differenzierte Betrachtungsweise personalisierten Unterrichts mit digitalen Medien ist erforderlich.

Der dargestellte theoretische und empirische Forschungsstand zu personalisierten Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien zeigte auf, dass eine einheitliche Definition sowie Operationalisierung des Konzepts bislang ausstehen (Bingham et al., 2018; Lee et al., 2021; Shemshack & Spector, 2020; Van Schoors et al., 2021; Xie et al., 2019). Daher existiert „der personalisierte Unterricht“ nicht. Doch lassen sich neben gemeinsamen allgemeinen Charakteristika, wie der Unterrichtsöffnung und den Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen (siehe Kapitel 3.3), zwei Stossrichtungen von Verständnissen des personalisierten Lernens mit digitalen Medien erkennen (Lee et al., 2018; Zhang, Basham et al., 2020): In einiger Forschungsliteratur wird die technologische Innovation selbst als personalisiertes Lernen verstanden. In diesem Sinne wird das personalisierte Lernen erst durch den Einsatz von adaptiven Lerntechnologien ermöglicht (Gierl et al., 2018; McLoughlin & Lee, 2010; Peng et al., 2019; Shemshack & Spector, 2020). Andere Forschende weisen explizit darauf hin, so auch die vorliegende Arbeit, dass digitale Medien unabhängig von ihrer Funktionsart lediglich ein Unterstützungswerkzeug des personalisierten Lernens darstellen sollten (Attwell, 2007; Basham et al., 2016; Petko et al., 2017; Schaumburg, 2021).

In den untersuchten Schweizer Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten wurde deutlich, dass die Umsetzungsformen mit Einbezug der digitalen Medien sehr vielfältig ausfallen. Teilweise werden Lernplattformen zur Unterrichtsorganisation zwar intensiv genutzt, doch adaptive Lernprogramme fungieren bei den Umsetzungen nicht als zentrale Treiber der Personalisierung. Umgekehrt bedeutet dies, dass personalisierte Lehr- und Lernformen mit verschiedenen digitalen Medien umgesetzt werden können, weshalb adaptive Lerntechnologien nicht zwingend erforderlich sind. Zugleich gilt es einmal mehr festzuhalten, dass diesbezüglich weitere, differenzierte Forschung zu einzelnen spezifischen Dimensionen des vielschichtigen Konstrukts unabdingbar ist, da sich „der personalisierte Unterricht mit digitalen Medien“ weder in der Forschungsliteratur noch im Praxisfeld finden lässt. In solchen Vertiefungsstudien ist das Augenmerk insbesondere auf eine differenzierte Operationalisierung von offenen Lehr- und Lernformen sowie von Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien zu richten, wie dies auch im Kontext der vorangehenden Haupteckdaten ausgeführt wurde.

8.3 Implikationen für die Praxis

Auf der Basis der im vorhergehenden Kapitel dargestellten Haupteigenschaften lassen sich Implikationen für die Praxis ableiten, die im Folgenden als Empfehlungen dargestellt und ausgeführt werden.

(1) Bei Schulentwicklungsprojekten bzw. bei Unterrichtsentwicklungen in Richtung Personalisierung empfiehlt sich ein systematischer Einbezug der digitalen Medien.

Für eine erfolgreiche systematische Medienintegration ist auf der Schulebene ein IT-Konzept erforderlich (u.a. Ertmer et al., 2012; Niederhauser & Lindstrom, 2018; Petko et al., 2018), sodass beispielsweise die bereits vorhandene IT-Infrastruktur nicht nur einen traditionellen Unterricht gesteuert durch die Lehrperson unterstützt, sondern sich ebenso für personalisierten Unterricht eignet, indem z.B. ein Halbklassensatz an mobilen Geräten zur Verfügung steht (siehe Artikel 3, Schule A). Auch der schulweite lückenlose Zugang zum Internet muss sichergestellt werden. Dies inkludiert unter anderem, dass die Bandbreite geprüft und je nach Situation angepasst werden muss, damit die Datenübertragung auch bei einer intensivierten Internetnutzung in einem angemessenen Tempo erfolgen kann (z.B. Bingham et al., 2018). Unabdingbar ist zudem ganz generell, dass Schulleitung oder Projektleitung die Bedürfnisse hinsichtlich der IT-Infrastruktur mit Fokus auf didaktisch-methodische Überlegungen im Vorfeld mit den Lehrpersonen klären. Nebst der Verfügbarkeit von adäquater Hardware und Software ist auch der technische Support ein wesentlicher Punkt, den es vorab zu klären und zu organisieren gilt. Funktionieren die Geräte sowie der Internetzugang nicht zuverlässig oder ist bei technischen Schwierigkeiten keine Anlaufstelle vorhanden, dürften viele Lehrpersonen aufgrund solcher Unsicherheiten darauf verzichten, den Unterricht mit digitalen Medien zu planen und umzusetzen. Insgesamt hat die Schulleitung somit mit einem durchdachten schulinternen IT-Konzept für ein solides Fundament zu sorgen, auf dessen Basis ein systematischer Einsatz digitaler Medien auf Schulebene auf effiziente Weise erfolgen kann (Breiter et al., 2015).

(2) Es empfiehlt sich, die Unterstützung von Lehrpersonen beim Einsatz digitaler Medien im personalisierten Unterricht mitzudenken.

Obschon die technische Ausstattung eine notwendige Bedingung ist, reicht diese für eine erfolgreiche Integration digitaler Medien nicht aus. Denn aus diversen Studien geht hervor, dass

die Überzeugungen und die ICT-Kompetenzen der Lehrpersonen diesbezüglich weitere zentrale Prädiktoren sind (Drossel et al., 2019; Mishra & Koehler, 2006; Petko et al., 2018; Tondeur et al., 2017). Dies kommt auch in den vorliegenden Ergebnissen zum Ausdruck. Daher sind Weiterbildungen für Lehrpersonen erforderlich, mit deren Hilfe sichergestellt werden kann, dass sämtliche Lehrer:innen einer Schule über ausreichende ICT-Kompetenzen verfügen. Zudem ist es hilfreich, wenn intern didaktisch durchdachte Unterrichtsszenarien für den Einsatz digitaler Medien im Kollegium diskutiert und gemeinsam (weiter)entwickelt werden. Dabei sollte der Fokus darauf liegen, wie nebst den Anpassungen auf der Oberflächenstruktur auch Aspekte, die sich auf die Tiefenstrukturen eines personalisierten Unterrichtes beziehen, mit digitalen Medien gefördert werden können (siehe Kapitel 3.2). Um die Diskrepanz zwischen der Nutzung digitaler Unterstützungspotenziale und den bestehenden Möglichkeiten entsprechend des aktuellen Forschungsstandes zu verringern, könnten vermehrt Kollaborationen zwischen wissenschaftlichen Expert:innen und Schulen zur Weiterentwicklung der Unterrichtskonzepte eingegangen werden.

(3) Es empfiehlt sich, regelmässig(er) offene Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien im Kontext eines personalisierten Unterrichts umzusetzen.

Das Lernen der Schüler:innen kann in der Regel in offenen Unterrichtsformen besser durch digitalen Medien unterstützt werden als in traditionellen Unterrichtssettings (Hermans et al., 2008; Law et al., 2008; OECD, 2015; Petko, 2012). Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen zu den untersuchten Schulen mit personalisierten Unterrichtsformen wider. Des Weiteren scheint das didaktische Potenzial digitaler Medien in offenen Unterrichtsformen in grösserem Ausmass zur Leistungssteigerung beitragen zu können als im herkömmlichen von der Lehrperson gesteuertem Unterricht (Major et al., 2021; Schaumburg, 2018; Sokolowski et al., 2015; Van Schoors et al., 2021). Daran lässt sich der in der vorliegenden Stichprobe ermittelte positive Zusammenhang zwischen offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien und der kognitiven Aktivität der Schüler:innen anschliessen. Die geringe Effektstärke sowie die relativ tief ausgeprägte Häufigkeit der Durchführung von offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien weisen jedoch auf ein zurzeit noch zu wenig ausgeschöpftes Potenzial hin. Insgesamt werden digitale Medien sowohl im deutschsprachigen als auch im internationalen Kontext noch deutlich häufiger für Frontalunterricht als in offenen Unterrichtsphasen, in denen die Schüler:innen digitale Medien aktiv zum Lernen nutzen können, eingesetzt (Drossel et al., 2019; Fraillon et al., 2020; Sailer, Murböck, et al., 2021). Wenn Lehrpersonen digitale Medien künftig vermehrt auch in offenen, didaktisch durchdachten Lernsettings integrieren würden,

würde dies Potenzial bieten, unter anderem die kognitive Aktivierung der Schüler:innen zusätzlich zu fördern.

(4) Es empfiehlt sich, digitale Medien in der Schule während offenen Lehr- und Lernformen einzusetzen. Dadurch können die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen gefördert werden.

Obschon in vielen Untersuchungen kein positiver Zusammenhang zwischen der schulischen Nutzung digitaler Medien und den ICT-Kompetenzen der Schüler:innen gefunden werden konnte (Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014, 2020; Schaumburg et al., 2019), heben die vorliegenden Ergebnisse hervor, dass Lehrpersonen die ICT-Kompetenzen ihrer Schüler:innen mit durch digitale Medien unterstützten offenen Lehr- und Lernformen fördern können. Im Kontext der stetig voranschreitenden Digitalisierung sind ICT-Kompetenzen unabdingbar geworden und müssen auch von den sogenannten „digital natives“ erworben oder zumindest vertieft und weiterentwickelt werden (Margaryan et al., 2011; Slechtova, 2015). Die vorliegenden Ergebnisse machen zudem einen geringen bis mittleren geschlechterspezifischen Unterschied zugunsten der Jungen sichtbar. Im Hinblick auf die notwendige schulische Förderung der (selbst eingeschätzten) ICT-Kompetenzen der Schüler:innen im Unterricht scheinen einzelne Mädchen daher eventuell etwas mehr Unterstützung zu benötigen. Vor dem Hintergrund, dass Mädchen in Leistungstests zu ICT-Kompetenzen tendenziell besser abschneiden als Jungen, sollten Lehrpersonen allerdings vor allem die diesbezüglichen Überzeugungen und die Selbstwirksamkeitserwartungen der Mädchen mitstärken, da diese im Vergleich zu den Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Jungen im Durchschnitt tendenziell negativer ausfallen (Cai et al., 2017; Siddiq & Scherer, 2019).

(5) Es empfiehlt sich, auf eine bedeutsame Gestaltung der Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten der Schüler:innen beim Lernen mit digitalen Medien zu achten.

Mitbestimmungs- und Wahlfreiheiten beim Lernen mit digitalen Medien müssen von den Schüler:innen als bedeutsam erlebt werden, damit diese einen positiven Einfluss sowohl auf ihre Motivation als auch auf die kognitive Aktivierung wahrnehmen (Walkington, 2013; Walkington & Bernacki, 2018). Werden Mitbestimmungs- und Wahlfreiheiten beim Lernen mit digitalen Medien gewährt, müssen Lehrpersonen darauf achten, dass diese Möglichkeiten zur Selbstbestimmung auch die Entwicklung eines tiefen Verständnisses des Faches fördern, z.B. indem selbst inhaltliche Schwerpunkte gesetzt werden dürfen. Des Weiteren kann die Berücksichtigung von individuellen Interessen und des Vorwissens in außerschulischen Bereichen die Aufgabenrelevanz für die Schüler:innen steigern und dadurch nebst der

Motivationsförderung auch einen grösseren Lernzuwachs begünstigen (Harackiewicz et al., 2016). Gerade auch diesbezüglich bieten digitale Medien grosses Potenzial (siehe Kapitel 3.2). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Autonomiespielräume, die durch den Einsatz digitaler Medien unterstützt werden, zwar bereits regelmässig gewährt werden, dies jedoch tendenziell erst in geringer Ausprägung.

8.4 Limitationen und zukünftige Herausforderungen

Wie in den vorhergehenden Ausführungen punktuell bereits festgehalten wurde, unterliegen das Design und das methodische Vorgehen der vorliegenden Arbeit mehreren Limitationen, die nachfolgend kritisch diskutiert werden. Auf dieser Basis werden abschliessend Herausforderungen für zukünftige Studien formuliert.

8.4.1 Limitationen

Die Analysen der vorliegenden Arbeit basieren auf Daten von 31 innovativen Schweizer Sekundarschulen, die in unterschiedlichen Konfigurationen personalisierte Unterrichtsformen umgesetzt haben. Infolge dieser spezifischen, nicht repräsentativen Stichprobe ergeben sich Einschränkungen hinsichtlich der Generalisierung und der Übertragbarkeit der Ergebnisse. Die in den drei Artikeln ausgeführten Erkenntnisse treffen ausschliesslich auf die konkret untersuchten Schulen mit personalisierten Lehr- und Lernkonzepten zu und können nicht für alle Schweizer Sekundarschulen generalisiert werden. Ausserdem ist zu beachten, dass die Ergebnisse massgeblich durch die Eigenschaften und Strukturen des schweizerischen Bildungssystems geprägt sind und sich nicht ohne Weiteres auf Schulen mit personalisierten Unterrichtsformen in anderen Bildungskontexten übertragen lassen.

Zudem unterliegen die quantitativen Analysen der Einschränkung, dass es nicht möglich war, die Mehrebenenstruktur in den Auswertungen in R zu berücksichtigen. Da viele Schulen keine traditionellen Klassen mehr führen und den Unterricht in unterschiedlichen Lerngruppen organisieren, ist hinsichtlich der Varianzaufklärung in erster Linie die Schulebene von Interesse. Weil die Stichprobe im Verhältnis zur Anzahl der freien Parameter zu wenige Schulen umfasste, konnte jedoch die Schulebene weder mit „lavaan.survey“ noch durch das Clustering mit „lavaan“ berücksichtigt werden. Pfadmodelle hätten im Vergleich zu Strukturgleichungsmodellen hinsichtlich der Schulebene mehr Informationen liefern können. Gleichzeitig hätten sich durch die Wahl von Pfadmodellen neue sowie folgenreichere Limitationen eröffnet, wie beispielsweise, dass die Unterrichtsqualität aufgrund der

ungenügenden Reliabilität des Konstrukts „Klassenführung“ nicht in die drei Subdimensionen hätte ausdifferenziert werden können.

Darüber hinaus war es im Kontext der vorliegenden Arbeit lediglich möglich, die quantitativen Daten querschnittlich auszuwerten, da die Schüler:innen ausschliesslich zum ersten Erhebungszeitpunkt im Jahr 2013 des perLen-Projekts vertieft zur schulischen Nutzung der digitalen Medien befragt worden waren. Auch die multiplen Fallstudien basieren auf querschnittlichen Datenanalysen. Infolge der fehlenden Messung von längsschnittlichen Effekten können generell keine Aussagen zu den Entwicklungsverläufen gemacht werden. Aus diesem Grund bleiben die in Artikel 1 und Artikel 2 präsentierten gerichteten Zusammenhänge zu den ICT-Kompetenzen und der Unterrichtsqualität hypothetisch. Denn es ist auch denkbar, dass sich personalisierte Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien und die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen sowie diesbezügliche Überzeugungen wechselseitig beeinflussen. Eine weitere Einschränkung ergibt sich daraus, dass alle in Artikel 1 und Artikel 2 ausgewerteten Variablen mit Selbstauskünften der Schüler:innen erhoben worden waren, wodurch unter anderem ein sogenannter „Mono-Methode-Bias“ aufgetreten sein könnte. Mit Blick auf die Reliabilität der Skalen, die in Artikel 1 und Artikel 2 dargestellt wurden, ergaben sich jedoch genügende bis sehr gute Werte, mit Ausnahme der Subdimension „Klassenführung“. Daher sind zumindest die Ergebnisse mit Fokus auf die Klassenführung in ihrer Erklärungskraft begrenzt und mit Zurückhaltung zu interpretieren.

Obwohl in den dargelegten Analysen des Artikels 3 eine Datentriangulation vorgenommen wurde, lassen sich Verzerrungen der Ergebnisse nicht ausschliessen, da jeweils lediglich zwei Lehrpersonen aus verschiedenen Teams befragt worden waren und diese Aussagen vermutlich nicht die Meinungen sämtlicher Lehrpersonen einer Schule repräsentieren. Ferner wurde in Artikel 3 von der theoretischen Annahme ausgegangen, dass eine vermehrte Nutzung von digitalen Medien tendenziell auch mit einem systematischen Einsatz auf der Schulebene einhergeht. Es bleibt jedoch offen, ob Schulen, die digitale Medien gemäss den Auskünften ihrer Schüler:innen weniger häufig einsetzen als andere Schulen der Stichprobe, digitale Medien auf der Schulebene dennoch systematisch integriert haben.

Insgesamt müssen die Ergebnisse und insbesondere die Aussagen zu Wirkungszusammenhängen aufgrund der aufgezeigten, in methodischer Hinsicht kritischen Aspekte vorsichtig interpretiert werden.

8.4.2 Zukünftige Herausforderungen

Angeichts der zuvor dargelegten Limitationen lassen sich Desiderate und damit zusammenhängende Herausforderungen für zukünftige Studien benennen, die nachfolgend in vier zentralen Punkten erläutert werden:

(1) Zukünftige Studien sollten versuchen, personalisierte Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien durch den Einbezug von weiteren Dimensionen, unter anderem individuelles Lerncoaching, kooperative Lernformen oder auch individuelles Lernangebot, noch umfassender zu untersuchen (siehe auch Stebler et al., 2021). Auf diese Weise liesse sich die Komplexität der unterschiedlichen Umsetzungsformen noch stärker berücksichtigen. Als aufschlussreich dürfte sich diesbezüglich unter anderem eine Analyse hinsichtlich der Frage erweisen, ob sich Typen von Konfigurationen von Dimensionen des personalisierten Lernens mit digitalen Medien identifizieren lassen und welche dieser Typen bzw. Konfigurationen zu einer hohen Unterrichtsqualität sowie hoher fachlicher Leistung der Schüler:innen führen. Zugleich gälte es jedoch auch die bereits analysierten Dimensionen noch differenzierter zu untersuchen, um deren Einflüsse auf die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen sowie auf die Unterrichtsqualität noch besser zu verstehen. Insbesondere bei den eröffneten Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten unterstützt durch digitale Medien sollte nebst der Häufigkeit auch der Ausprägungsgrad miterfasst werden. Zudem wäre es wichtig, zu erfragen, ob der zur Verfügung gestellte Spielraum von den Schüler:innen als bedeutsam wahrgenommen wird. Dies könnte sich auf inhaltlicher Ebene beispielsweise darin manifestieren, dass Aufgabenstellungen als relevanter erlebt werden, wenn der Spielraum als hoch eingeschätzt wird (Walkington & Bernacki, 2018).

(2) Neben den Selbsteinschätzungen der Schüler:innen sollten in künftigen Studien auch Leistungstests als objektive Messinstrumente miteinbezogen werden. Nachdem in der vorliegenden Arbeit bereits der Wirkungszusammenhang mit der erlebten Unterrichtsqualität analysiert wurde, würden es Leistungstests zusätzlich ermöglichen, Zusammenhänge zwischen einzelnen Dimensionen und der tatsächlichen, quantitativ gemessenen schulischen Leistung zu untersuchen. Erstrebenswert wäre dies nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund, dass empirische Befunde zur Wirksamkeit des personalisierten Lernens mit digitalen Medien insbesondere im deutschsprachigen Raum bisher noch weitgehend fehlen (Schaumburg, 2021). Des Weiteren wäre es sinnvoll, auch die ICT-Kompetenzen der Schüler:innen mit einem standardisierten Kompetenztest zu messen. Auf der Grundlage dieser Daten könnte unter anderem überprüft werden, ob der Geschlechtseffekt zugunsten der Jungen nach wie vor bestehen bleibt. Eine solche Messung wäre insbesondere auch deshalb angezeigt, weil standardisierte Leistungstests

im Vergleich zu Selbsteinschätzungen Verzerrungen durch unterschiedliches Erleben der Selbstwirksamkeit vorbeugen (Siddiq & Scherer, 2019).

(3) Ergänzend zur Erfassung der Häufigkeit des Einsatzes von Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten sowie von offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien wäre künftig auch die Umsetzungsqualität zu erheben. Dies würde in Verbindung mit standardisierten Leistungstests differenziertere Analysen zur Wirksamkeit von spezifischen Dimensionen des personalisierten Lernens mit digitalen Medien ermöglichen, als wenn lediglich die Frequenz betrachtet wird. Denn obschon die Nutzungshäufigkeit Hinweise darauf liefert, welchen Stellenwert beispielsweise Mitbestimmungs- und Wahlmöglichkeiten unterstützt durch digitale Medien im Unterricht haben oder inwiefern das Unterstützungspotenzial von digitalen Medien diesbezüglich genutzt wird, so ist vor allem die Qualität der Umsetzung auf der tiefenstrukturellen Ebene des Unterrichts entscheidend im Hinblick auf die Wirksamkeit des Medieneinsatzes (siehe Kapitel 3.2). Zu diesem Zweck müssten Fragebogeninstrumente weiterentwickelt oder gegebenenfalls auch neu konzipiert werden. Zur Datenerhebung würde sich beispielsweise eine Kombination von Fragebögen zur Erfassung der Sicht der Schüler:innen und der Sicht der Lehrpersonen eignen, deren Daten idealerweise mit Videoanalysen trianguliert würden. Auf diese Weise liessen sich intersubjektiv stützable Ratings vornehmen, wodurch die Umsetzungsqualität detailliert erfasst und analysiert werden könnte (Pianta & Hamre, 2009).

(4) Um ein vertieftes Verständnis der Wirkungszusammenhänge und Interaktionsprozesse zu erhalten, wäre es gewinnbringend, Dimensionen von personalisierten Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien über eine längere Zeitspanne hinweg zu untersuchen. Idealerweise würden die Messzeitpunkte über die gesamte Oberstufe, das heisst von der 7. bis zur 9. Klasse, verteilt. Auf diese Weise könnten unter anderem die in Artikel 1 und Artikel 2 dargestellten gerichteten Zusammenhänge überprüft werden. Des Weiteren können längsschnittliche Daten dazu beitragen, komplexe Wechselwirkungen, beispielsweise zwischen der Häufigkeit des Einsatzes von offenen Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien und den ICT-Kompetenzen der Schüler:innen, zu klären. Bei der Konzeption von Längsschnittstudien wäre darauf zu achten, dass die Stichprobe eine Mehrebenenanalyse zulässt, damit Varianzanteile auf Schulebene identifiziert werden können. Nebst der Stichprobengrösse gälte es dabei auch die jeweiligen Schulstrukturen zu berücksichtigen, da der personalisierte Unterricht teilweise nicht mehr in traditionellen Schulklassen stattfindet. Dies führt allerdings zu neuen methodischen Herausforderungen, weil sich die klassische Mehrebenenstruktur der Klassenebene infolge dieser Reorganisation der Lerngruppen

verändert und teilweise auflöst (Stebler et al., 2018). Gerade in Anbetracht dieser Kontextbedingungen dürfte der Erkenntnisgewinn von Studien, die sich diesen neuen Herausforderungen stellen, jedoch umso gewichtiger sein (Fischer & Järvelä, 2014; Stebler et al., 2018).

Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien hat seit der Jahrtausendwende an grosser Popularität gewonnen und steht auch im deutschsprachigen Raum vermehrt im Zentrum wissenschaftlicher Aufmerksamkeit. Die vorliegende Mixed-Methods-Studie an Sekundarschulen hat es ermöglicht, neue Erkenntnisse zu zwei charakteristischen Dimensionen des personalisierten Lernens mit digitalen Medien zu erlangen und empirische Forschungsbefunde für den deutschsprachigen Kontext zu generieren. Dennoch lassen sich – wie zuvor unter anderem mit Blick auf die zukünftigen Herausforderungen dargelegt wurde – nach wie vor noch viele Desiderata benennen, die es in weiterer Forschung zu bearbeiten gilt. Insbesondere zur Wirksamkeit der verschiedenen Konfigurationen von personalisierten Lehr- und Lernformen mit digitalen Medien besteht noch erheblicher Klärungsbedarf.

Literaturverzeichnis

- Agostini, E., Schratz, M., & Risse, E. (2018). *Lernseits denken – erfolgreich unterrichten: Personalisiertes Lehren und Lernen in der Schule*. AOL Verlag.
- Attwell, G. (2007). Personal learning environments – the future of eLearning? *ELearning Papers*, 2, 1–8.
<https://doi.org/10.1080/19415257.2011.643130>
- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). *Educational data mining and learning A analytics*. 61–75. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4
- Basham, J. D., Hall, T. E., Carter, R. A., & Stahl, W. M. (2016). An operationalized understanding of personalized learning. *Journal of Special Education Technology*, 31(3), 126–136.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, Cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
<https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Bingham, A. J., Pane, J. F., Steiner, E. D., & Hamilton, L. S. (2018). Ahead of the curve: Implementation challenges in personalized learning school models. *Educational Policy*, 32(3), 454–489.
- Bohl, T., Batzel-Kremer, A., & Richey, P. (2012). Öffnung – Differenzierung – Individualisierung – Adaptivität: Charakteristika, didaktische Implikationen und Forschungsbefunde verwandter Unterrichtskonzepte zum Umgang mit Heterogenität. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann, & B. Wischer (Eds.), *Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht*. Barbara Budrich.
- Bohl, T., & Kucharz, D. (2010). *Offener Unterricht heute: Konzeptionelle und didaktische Weiterentwicklung*. Beltz.
- Bos, W., Eickelmann, B., & Gerick, J. (2014). Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe in Deutschland im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, R. Schulz-Zander, & H. Wendt (Eds.), *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (pp. 113–145). Waxmann.
- Bos, W., Strietholt, R., Goy, M., Stubbe, T. C., Tarelli, I., & Hornberg, S. (2011). *IGLU 2006: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann.
- Bray, B., & McClaskey, K. (2015). *Make learning personal: The what, who, wow, where, and why*. Sage.
- Bray, B., & McClaskey, K. (2017). *How to personalize learning*. Thousand Oaks, CA.
- Breiter, A., Stolpmann, B. E., & Zeising, A. (2015). *Szenarien lernförderlicher IT-Infrastrukturen in Schulen – Betriebskonzepte, Ressourcenbedarf und Handlungsempfehlungen*. Bertelsmann Stiftung.
- Cai, Z., Fan, X., & Du, J. (2017). Gender and attitudes toward technology use: A meta-analysis. *Computers & Education*, 105, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.003>
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Claro, M., Preiss, D. D., San Martin, E., Jara, I., Hinostroza, J. E., Valenzuela, S., Cortes, F., & Nussbaum, M. (2012). Assessment of 21st century ICT skills in Chile: Test design

- and results from high school level students. *Computers & Education*, 59(3), 1042–1053.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.004>
- Cordova, D., & Lepper, M. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of Educational Psychology*, 88, 715–730. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.4.715>
- Cornelius-White, J. (2007). Learner-centered teacher-student relationships are effective: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 77(1), 113–143.
<https://doi.org/10.3102/003465430298563>
- Creemers, B., & Kyriakides, L. (2008). *The dynamics of educational effectiveness: A contribution to policy, practice and theory in contemporary schools*. Routledge.
- Croci, A., Imgrüth, P., Landwehr, N., & Spring, K. (1995). *ELF – ein Projekt macht Schule*. NWEDK.
- Crow, T., Luxton-Reilly, A., & Wuensche, B. (2018). *Intelligent tutoring systems for programming education: A systematic review*. 53–62.
- Decristan, J., Hess, M., Holzberger, D., & Praetorius, A.-K. (2020). Oberflächen- und Tiefenmerkmale. Eine Reflexion zweier prominenter Begriffe der Unterrichtsforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66. Beiheft, 102–116.
- Decristan, J., Klieme, E., Kunter, M., Hochweber, J., Büttner, G., Fauth, B., Hondrich, A. L., Rieser, S., Hertel, S., & Hardy, I. (2015). Embedded formative assessment and classroom process quality: How do they interact in promoting science understanding? *American Educational Research Journal*, 52(6), 1133–1159.
<https://doi.org/10.3102/0002831215596412>
- DeMink-Carthew, J., & Netcoh, S. (2019). Mixed feelings about choice: Exploring variation in middle school student experiences with making choices in a personalized learning project. *RMLE Online*, 42(10), 1–20.
<https://doi.org/10.1080/19404476.2019.1693480>
- DfES. (2004a). *Five year strategy for children and learners. Putting people at the heart of public services*. TSO.
- DfES. (2004b). *A national conversation about personalised learning*. DfES Publications.
<https://dera.ioe.ac.uk/5932>
- Döbeli Honegger, B. & Notari, M. (2013): Das Wiki-Prinzip. In B. Döbeli Honegger & M. Notari (Eds.), *Der Wiki-Weg des Lernens. Gestaltung und Begleitung von Lernprozessen mit digitalen Kollaborationswerkzeugen* (pp. 20–39). hep verlag.
- Drexler, W. (2010). The networked student model for construction of personal learning environments: Balancing teacher control and student autonomy. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(3), 369–385.
- Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H., & Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, & J. Vahrenhold (Eds.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (pp. 205–240). Waxmann.
<https://www.pedocs.de/volltexte/2020/18325/>
- Dumont, H. (2019). Neuer Schlauch für alten Wein? Eine konzeptuelle Betrachtung von individueller Förderung im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22(2), 249–277.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., & Vahrenhold, J. (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*.

- Waxmann.
- Eickelmann, B., & Gerick, J. (2020). Lernen mit digitalen Medien. Zielsetzungen in Zeiten von Corona und unter besonderer Berücksichtigung von sozialen Ungleichheiten. In D. Fickermann & B. Edelstein (Eds.), *'Langsam vermisste ich die Schule ...'. Schule während und nach der Corona-Pandemie* (Vol. 16, pp. 153–162). Waxmann.
<https://www.pedocs.de/volltexte/2020/20235/>
- Eickelmann, B., Schaumburg, H., Drossel, K., & Lorenz, R. (2014). Schulische Nutzung von neuen Technologien in Deutschland im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, R. Schulz-Zander, & H. Wendt (Eds.), *ICILS 2013 – Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (pp. 197–229). Waxmann.
- Emmer, E. T., & Stough, L. M. (2001). Classroom management: A critical part of educational psychology, With implications for teacher education. *Educational Psychologist*, 36(2), 103–112.
https://doi.org/10.1207/S15326985EP3602_5
- Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2013). Removing obstacles to the pedagogical changes required by Jonassen's vision of authentic technology-enabled learning. *Computers & Education*, 64, 175–182.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.008>
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423–435.
- Faber, J., Luyten, H., & Visscher, A. (2016). The effects of a digital formative assessment tool on mathematics achievement and student motivation: Results of a randomized experiment. *Computers & Education*, 106, 83–96.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.001>
- Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E., & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. *Learning and Instruction*, 29, 1–9.
- Fischer, F., & Järvelä, S. (2014). Methodological advances in research on learning and instruction and in the learning sciences. *Frontline Learning Research*, 2(4), 1–6.
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (2020). *Preparing for life in a digital world: IEA International computer and information literacy study 2018 international report*. Springer Nature.
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Gebhardt, E. (2014). *Preparing for life in a digital age: The IEA international computer and information literacy study. International Report*. Springer Open.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-14222-7>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Furtak, E. M., & Kunter, M. (2012). Effects of autonomy-supportive teaching on student learning and motivation. *The Journal of Experimental Education*, 80(3), 284–316.
<https://doi.org/10.1080/00220973.2011.573019>
- Garn, A. C., & Jolly, J. L. (2013). High ability students' voice on learning motivation. *Journal of Advanced Academics*, 25(1), 7–24.
<https://doi.org/10.1177/1932202X13513262>

- Genner, S., Suter, L., Waller, G., Schoch, P., Willemse, I., & Süss, D. (2017). *MIKE: Medien, Interaktion, Kinder, Eltern: Ergebnisbericht zur MIKE-Studie 2017*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
https://www.zhaw.ch/storage/psychologie/upload/forschung/medienpsychologie/mike/Bericht_MIKE-Studie_2017.pdf
- Gibson, P. A., Stringer, K., Cotten, S. R., Simoni, Z., O’Neal, L. J., & Howell-Moroney, M. (2014). Changing teachers, changing students? The impact of a teacher-focused intervention on students’ computer usage, attitudes, and anxiety. *Computers & Education*, 71, 165–174.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.002>
- Gierl, M., Bulut, O., & Zhang, X. (2018). Using computerized formative testing to support personalized learning in higher education. In R. Zheng (Ed.), *Digital technologies and instructional design for personalized learning* (pp. 99–119). IGI Global.
- Gmür-Ackermann, P. (2021). *Angebot und Nutzung in zwei Schulen mit personalisierten Lernkonzepten – Zwei videobasierte Fallstudien zu strukturellen und pädagogischen Merkmalen, Aufgabenkultur, Lehr-Lernkultur und Lernunterstützungskultur*. Universität Zürich.
- Gómez, S., Zervas, P., Sampson, D. G., & Fabregat, R. (2014). Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP. *Current Advances in Digital Learning Technologies*, 26(1, Supplement), 47–61.
<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2013.10.008>
- Graesser, A. C., Hu, X., & Sottolare, R. (2018). Intelligent tutoring systems. In *International handbook of the learning sciences* (pp. 246–255). Routledge.
- Gross, B., Tuchmann, S., & Patrick, S. (2018). *A national landscape scan of personalized learning in K-12 education in the United States*. iNACOL.
- Hakkarainen, K., Ilomäki, L., Lipponen, L., Muukkonen, H., Rahikainen, M., Tuominen, T., Lakkala, M., & Lehtinen, E. (2000). Students’ skills and practices of using ICT: Results of a national assessment in Finland. *Computers & Education*, 34(2), 103–117.
[https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(00\)00007-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(00)00007-5)
- Harackiewicz, J. M., Smith, J. L., & Priniski, S. J. (2016). Interest matters: The importance of promoting interest in education. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3(2), 220–227.
<https://doi.org/10.1177/2372732216655542>
- Hatlevik, O. E., Ottestad, G., & Throndsen, I. (2015). Predictors of digital competence in 7th grade: A multilevel analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 220–231.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12065>
- Hatlevik, O. E., Throndsen, I., Loi, M., & Gudmundsdottir, G. B. (2018). Students’ ICT self-efficacy and computer and information literacy: Determinants and relationships. *Computers & Education*, 118, 107–119.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.011>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Heinen, R., & Kerres, M. (2015). *Individuelle Förderung mit digitalen Medien – Handlungsfelder für die systematische, lernförderliche Integration digitaler Medien in Schule und Unterricht*. Bertelsmann Stiftung.
- Hermans, R., Tondeur, J., van Braak, J., & Valeke, M. (2008). The impact of primary school teachers’ educational beliefs on the classroom use of computers. *Computers & Education*, 51(4), 1499–1509.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.02.001>
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A

- context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Holmes, W., Anastopoulou, S., Schaumburg, H., & Mavrikis, M. (2018). *Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien. Ein roter Faden*. Robert Bosch Stiftung GmbH.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
<https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Huang, Y.-M., Liang, T.-H., Su, Y.-N., & Chen, N.-S. (2012). Empowering personalized learning with an interactive e-book learning system for elementary school students. *Educational Technology Research and Development*, 60(4), 703–722.
<https://doi.org/10.1007/s11423-012-9237-6>
- Imlig-Iten, N. (2019). *Lernen mit digitalen Lernspielen im Unterricht: Einfluss von angebots- und nutzungsspezifischen Faktoren*. Universität Zürich.
- Irion, T., & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. *Grundschule aktuell: Zeitschrift des Grundschulverbandes*, (142), 8–11.
- Johnson, M. (2004). Personalised learning. New directions for schools? *New Economy*, 11 (4), 224–228.
- Karich, A. C., Burns, M. K., & Maki, K. E. (2014). Updated meta-analysis of learner control within educational technology. *Review of Educational Research*, 84(3), 392–410.
<https://doi.org/10.3102/0034654314526064>
- Keefe, J. W. (2007). What is personalization? *Phi Delta Kappan*, 89(3), 217–223.
<https://doi.org/10.1177/003172170708900312>
- Kerres, M. (2002). Online- und Präsenzelemente in hybriden Lernarrangements kombinieren. In A. Hohenstein, & K. Wilbers (Ed.), *Handbuch E-Learning*. Deutscher Wirtschaftsdienst.
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. De Gruyter.
<https://doi.org/10.1515/9783110456837>
- Klieme, E. (2019). Unterrichtsqualität. In M. R. Harring (Ed.), *Handbuch Schulpädagogik*. (Fachportal Pädagogik; pp. 393–408). Waxmann.
- Klieme, E., Lipowsky, F., Rakoczy, K., & Ratzka, N. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. Theoretische Grundlagen und ausgewählte Ergebnisse des Projekts „Pythagoras“. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG Schwerpunktprogramms* (pp. 127–146). Waxmann.
- Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras Study. Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. S. Janik (Ed.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom*. (pp. 137–160). Waxmann.
- Klieme, E., Schümer, G., & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe. „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung. In E. Klieme & J. Baumert (Eds.), *TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente* (pp. 43–57). Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Kounin, J. S. (1970). *Discipline and group management in classrooms*. Holt, Rinehart and Winston.
- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2015). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78.
<https://doi.org/10.3102/0034654315581420>

- Kunter, M., & Ewald, S. (2016). Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. In N. B. McElvany (Ed.), *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts* (pp. 9–31). Waxmann.
- Kunter, M., & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (pp. 85–113). Waxmann.
- Lajoie, S.P., & Derry, S.J. (Eds.). (1993). *Computers As Cognitive Tools* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203052594>
- Law, N., Pelgrum, W. J., & Plomp, T. (2008). *Pedagogy and ICT use in schools around the world: Findings from the IEA SITES 2006 study*. Springer.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lee, D., Huh, Y., Lin, C.-Y., & Reigeluth, C. M. (2018). Technology functions for personalized learning in learner-centered schools. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1269–1302. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9615-9>
- Lee, D., Huh, Y., Lin, C.-Y., Reigeluth, C. M., & Lee, E. (2021). Differences in personalized learning practice and technology use in high- and low-performing learner-centered schools in the United States. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09937-y>
- Li, Q., & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educational Psychology Review*, 22(3), 215–243. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9125-8>
- Lipowsky, F., & Lotz, M. (2015). Ist Individualisierung der Königsweg zum erfolgreichen Lernen? In G. Mehlhorn, F. Schulz, & K. Schöppe (Eds.), *Begabungen entwickeln & Kreativität fördern* (pp. 155–219). Kopaed.
- Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19(6), 527–537. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001>
- Littlejohn, A., Beetham, H., & McGill, L. (2012). Learning at the digital frontier: A review of digital literacies in theory and practice. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6), 547–556. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00474.x>
- Major, L., Francis, G. A., & Tsapali, M. (2021). The effectiveness of technology-supported personalised learning in low- and middle-income countries: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 52, 1935–1964. <https://doi.org/10.1111/bjet.13116>
- Margaryan, A., Littlejohn, A., & Vojt, G. (2011). Are digital natives a myth or reality? University students' use of digital technologies. *Computers & Education*, 56(2), 429–440. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.09.004>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (pp. 601–613). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_42
- McLoughlin, C., & Lee, M. J. W. (2010). Personalised and self regulated learning in the Web 2.0 era: International exemplars of innovative pedagogy using social software.

- Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), 28–43.
<https://doi.org/10.14742/ajet.1100>
- Miliband, D. (2006). Choice and voice in personalised learning. In M. Murphy, S. Redding, & J. S. Twyman (Eds.), *Personalising education schooling for tomorrow* (pp. 21–30). OECD.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). *Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge*. 108(6), 1017–1054.
- Mötteli, C., Grob, U., Pauli, C., Reusser, K., & Stebler, R. (2021). „Choice and voice“ in Schulen mit personalisierten Lernkonzepten aus Sicht der Schülerinnen und Schüler. *Unterrichtswissenschaft*, na–na.
<https://doi.org/10.1007/s42010-021-00122-x>
- Murphy, M., Redding, S., & Twyman, J. S. (2016). *Handbook on personalized learning for states, districts, and schools*. Center for Innovations in Learning.
- Nattland, A., & Kerres, M. (2006). Computerbasierte Medien im Unterricht. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, & J. Wiechmann (Eds.), *Handbuch Unterricht* (pp. 422–432). Klinkhardt.
- Netcoh, S. (2017). Balancing freedom and limitations: A case study of choice provision in a personalized learning class. *Teaching and Teacher Education*, 66, 383–392.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.05.010>
- Niederhauser, D. S., & Lindstrom, D. L. (2018). Instructional technology integration models and frameworks: Diffusion, competencies, attitudes, and dispositions. In J. Voogt, G. Knezek, R. Christensen, & K.-W. Lai (Eds.), *Second handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 335–355). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-71054-9_23
- Niederhauser, D. S., & Stoddart, T. (2001). Teachers’ instructional perspectives and use of educational software. *Teaching and Teacher Education*, 17(1), 15–31.
[https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(00\)00036-6](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00036-6)
- OECD. (2015). *Students, computers and learning: Making the connection*. OECD.
<https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Oelkers, J. (2010). *Reformpädagogik. Entstehungsgeschichten einer internationalen Bewegung*. Klett und Balmer.
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2015). *Continued progress: Promising evidence on personalized learning*. RAND Corporation.
<https://doi.org/10.7249/RR1365>
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., Hamilton, L. S., & Pane, J. D. (2017). *Informing progress: Insights on personalized learning implementation and effects*. RAND Corporation.
<https://doi.org/10.7249/RR2042>
- Pauli, C., Reusser, K., & Stebler, R. (2019). Individuelle Lernunterstützung beim personalisierten Lernen. In K. Rabenstein, K. Kunze, M. Martens, T.-S. Idel & M. Proske (Eds.), *Individualisierung von Unterricht. Transformationen – Wirkungen – Reflexionen* (pp. 137–150). Julius Klinkhardt.
- Pauli, C., Reusser, K., Waldis, M., & Grob, U. (2003). ‘Erweiterte Lehr- und Lernformen’ im Mathematikunterricht der Deutschschweiz. *Unterrichtswissenschaft*, 4(31), 291–320.
- Pauli, C., & Schmid, M. (2019). Zur Didaktik guten Unterrichts: Qualitätsvollen Unterricht gestalten lernen. In U. Steffens & R. Messner (Eds.), *Unterrichtsqualität: Konzepte Und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens. Grundlagen der Qualität von Schule 3*, 167–181. Waxmann.
- Pauli, C., Stebler, R., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen im Unterricht. Konzept mit Chancen für die Begabungsförderung. News&science. *Begabtenförderung und Begabungsforschung*, 43, 24–26.
- Peng, H., Ma, S., & Spector, J. M. (2019). Personalized adaptive learning: An emerging

- pedagogical approach enabled by a smart learning environment. *Smart Learning Environments*, 6(1), 1–14.
- Petko, D. (2010). *Lernplattformen in Schulen. Ansätze für E-Learning und Blended Learning in Präsenzklassen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
<https://doi.org/10.1007/978-3-531-92299-7>
- Petko, D. (2012). Teachers' pedagogical beliefs and their use of digital media in classrooms: Sharpening the focus of the 'will, skill, tool' model and integrating teachers' constructivist orientations. *Computers & Education*, 58(4), 1351–1359.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.013>
- Petko, D. (2020). *Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien* (2. Auflage). Beltz.
- Petko, D., Prasse, D., & Cantieni, A. (2018). The interplay of school readiness and teacher readiness for educational technology integration: A structural equation model. *Computers in the Schools*, 35(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1080/07380569.2018.1428007>
- Petko, D., & Reusser, K. (2005). Das Potenzial interaktiver Lernressourcen zur Förderung von Lernprozessen. *E-Learning: Eine Multiperspektivische Standortbestimmung*, 183–207.
- Petko, D., Schmid, R., Pauli, C., Stebler, R., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien: Neue Potenziale zur Gestaltung schülerorientierter Lehr- und Lernumgebungen. *Journal Für Schulentwicklung*, 3(17), 31–39.
- Phan, T. (2020). Exercises of voice, choice, and collaboration in a personalized learning initiative. *Educational Media International*, 57(1), 73–85.
<https://doi.org/10.1080/09523987.2020.1744859>
- Pianta, R. C., & Hamre, B. K. (2009). Conceptualization, measurement, and improvement of classroom processes: Standardized observation can leverage capacity. *Educational Researcher*, 38(2), 109–119.
<https://doi.org/10.3102/0013189X09332374>
- Pollard, A., & James, M. (2004). *Personalised learning: A TLRP commentary*.
<https://doi.org/10.13140/2.1.3626.5762>
- Postholm, M. B. (2013). Classroom management: What does research tell us? *European Educational Research Journal*, 12(3), 389–402.
<https://doi.org/10.2304/eeerj.2013.12.3.389>
- Prasse, D. (2012). *Bedingungen innovativen Handelns an Schulen. Funktion und Interaktion von Innovationsbereitschaft, Innovationsklima und Akteursnetzwerken am Beispiel der IKT-Integration an Schulen*. Waxmann.
- Pressey, S. L. (1950). Development and appraisal of devices providing immediate automatic scoring of objective tests and concomitant self-instruction. *The Journal of Psychology*, 29(2), 417–447.
<https://doi.org/10.1080/00223980.1950.9916043>
- Quast, J., Rubach, C., & Lazarides, R. (2021). Lehrkräfteeinschätzungen zu Unterrichtsqualität mit digitalen Medien: Zusammenhänge zur wahrgenommenen technischen Schulausstattung, Medienunterstützung, digitalen Kompetenzselbsteinschätzungen und Wertüberzeugungen. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 1–33.
- Rakoczy, K., Buff, A., & Lipowsky, F. (2005). Befragungsinstrumente (= Teil 1 der Dokumentation Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“. In E. Klieme, C. Pauli, & K. Reusser (Eds.) *Befragungsinstrumente*. Gesellschaft zur Förderung der pädagogischen Forschung (GFPF).
- Reigeluth, C. (2017). Designing technology for the learner-centered paradigm of education. In

- C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.), *Instructional-design theories and models, Volume IV: The learner-centered paradigm of education* (pp. 287–316). Routledge.
- Reusser, K. (2009). Von der Bildungs- und Unterrichtsforschung zur Unterrichtsentwicklung – Probleme, Strategien, Werkzeuge und Bedingungen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 3(27), 295–312.
- Reusser, K., Pauli, C., & Stebler, R. (2015). Das Entwicklungsforschungsprojekt perLen. Eine Längsschnittstudie mit mehrperspektivischem und multimethodischem Design. In K. Reusser, C. Pauli, & R. Stebler (Eds.), *Personalisierte Lernkonzepte in heterogenen Lerngruppen (perLen). Zwischenbericht 2015 mit Einblicken in Teilprojekte* (pp. 6–11). Universität Zürich/Universität Freiburg.
- Sabanci, A., Ozyildirim, G., & Imsir, R. (2014). The effect of ICT usage on the classroom management: A case study in language teaching. *International Review of Social Sciences and Humanities*, 7(1), 232–245.
- Sailer, M., Murböck, J., & Fischer, F. (2021). Digital learning in schools: What does it take beyond digital technology? *Teaching and Teacher Education*, 103, 103346. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103346>
- Schaumburg, H. (2015). Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. In Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), *Individuell fördern mit digitalen Medien. Chancen, Risiken, Erfolgsfaktoren* (pp. 20–94.). Verlag Bertelsmann Stiftung.
- Schaumburg, H. (2018). Empirische Befunde zur Wirksamkeit unterschiedlicher Konzepte des digital unterstützten Lernens. In N. S. McElvany, F. Schwabe, W. Bos, & H. G. Holtappels (Eds.), *Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen* (pp. 27–40). Waxmann.
- Schaumburg, H. (2021). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien als Herausforderung für die Schulentwicklung. Ein systematischer Forschungsüberblick. *MedienPädagogik*, 41, 134–166. <https://doi.org/10.21240/mpaed/41/2021.02.24.X>
- Schaumburg, H., Gerick, J., Eickelmann, B., & Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien aus der Perspektive der Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, ... & J. Vahrenhold, J. (Eds.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (pp. 241–270). Waxmann.
- Scheiter, K., & Lachner, A. (2019). DigitalPakt – was nun? Eine Positionierung aus Sicht der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 47(4), 547–564. <https://doi.org/10.1007/s42010-019-00059-2>
- Schmid, R., & Petko, D. (2019). Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students? *Computers & Education*, 136, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.006>
- Schratz, M., & Westfall-Greiter, T. (2010). Das Dilemma der Individualisierungsdidaktik. Plädoyer für personalisiertes Lernen in der Schule. *Journal für Schulentwicklung*, 12(1), 18–31.
- Sebba, J., Brown, N., Steward, S., Galton, M., & James, M. (2007). *An investigation of personalised learning approaches used by schools*. DfES Publications.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Shemshack, A., & Spector, J. M. (2020). A systematic literature review of personalized

- learning terms. *Smart Learning Environments*, 7(1), 33, 1–20.
<https://doi.org/10.1186/s40561-020-00140-9>
- Siddiq, F., & Scherer, R. (2019). Is there a gender gap? A meta-analysis of the gender differences in students' ICT literacy. *Educational Research Review*, 27, 205–217.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.007>
- Skinner, B. F. (1961). Why we need teaching machines. *Harvard Educational Review*, 4(31), 377–398.
- Slechtova, P. (2015). Attitudes of undergraduate students to the use of ICT in education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, 1128–1134.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.218>
- Sokolowski, A., Li, Y., & Willson, V. (2015). The effects of using exploratory computerized environments in grades 1 to 8 mathematics: A meta-analysis of research. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–17.
<https://doi.org/10.1186/s40594-015-0022-z>
- Stebler, R., Pauli, C., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen – Chancen und Herausforderungen für Lehrpersonen. *Lehren und Lernen. Zeitschrift für Schule und Innovation aus Baden-Württemberg*, 5, 21–28.
- Stebler, R., Pauli, C., & Reusser, K. (2018). Personalisiertes Lernen – Zur Analyse eines Bildungsschlagwortes und erste Ergebnisse aus der perLen-Studie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 2(64), 159–178.
- Stebler, R., Pauli, C., & Reusser, K. (2021). Personalisiertes Lernen als schulisches Bildungskonzept. Erscheinungsformen, Qualitätsmerkmale und Forschungsbefunde. In G. Brägger & H.-G. Rolff (Eds.), *Handbuch Lernen mit digitalen Medien* (pp. 402–430). Beltz.
- Steele, J. L., Lewis, M. W., Santibanez, L., Faxon-Mills, S., Rudnick, M., Stecher, B. M., & Hamilton, L. S. (2014). *Competency-based education in three pilot programs*.
http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_briefs/RB9700/RB9796/RAND_RB9796.pdf
- Tergan, S.-O. (2002). Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme und Perspektiven. In L. J. Issing & P. Klimsa. (Eds.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (pp. 99–112). Beltz.
- Thöny, R. (2017). Churermodell – mit Struktur und Haltung zur Öffnung des Unterrichts. *SCHULE Konkret*, 6, 9–13.
- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Erratum to: Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: A systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 577–577.
<https://doi.org/10.1007/s11423-016-9492-z>
- Trautmann, M. (2021). Individualisierung durch Digitalisierung? *Pädagogik*, 10, 43–46.
<https://doi.org/10.3262/PAED2110043>
- Trautmann, M., & Wischer, B. (2009). Das Konzept der Inneren Differenzierung – Eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. In M. A. Meyer, M. Prenzel, & S. Hellekamps (Eds.), *Perspektiven der Didaktik: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (pp. 159–172). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
https://doi.org/10.1007/978-3-531-91775-7_11
- Tu, C.-H., Yen, C.-J., & Sujo-Montes, L. E. (2015). Personal learning environments and self-regulated learning. In R. Papa (Ed.), *Media rich instruction: connecting curriculum to all learners* (pp. 35–48). Springer.
- Underwood, J., Baguley, T., Banyard, P., Coyne, E., Farrington-Flint, L., & Selwood, I. (2007). *Impact 2007: Personalising learning with technology*. Becta.

- Urhahne, D., Marsch, S., Wilde, M., & Krüger, D. (2011). Die Messung konstruktivistischer Unterrichtsmerkmale auf der Grundlage von Schülerurteilen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 2, 116–127.
<https://doi.org/10.2378/peu2011.art06d>
- USDOE – US Department of Education (2017). *Reimagining the role of technology in education. 2017 national technology plan update*. Office of Educational Technology.
- Van Schoors, R., Elen, J., Raes, A., & Depaepe, F. (2021). An overview of 25 years of research on digital personalised learning in primary and secondary education: A systematic review of conceptual and methodological trends. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1798–1822.
<https://doi.org/10.1111/bjet.13148>
- Vasarik Staub, K., Stebler, R., & Reusser, K. (2018). ‘In parents’ school experience, the teacher was just lecturing at the front’. School-family partnerships in schools with personalized learning concepts. *International Journal about Parents in Education*, 10(1), 1–13.
- Voogt J. (2008) Satisfying Pedagogical Practices Using ICT. In: Law N., Pelgrum W.J., Plomp T. (Eds.), *Pedagogy and ICT Use. CERC Studies in Comparative Education* (pp. 221–250) Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8928-2_7
- Voogt, J., Knezek, G., Cox, M., Knezek, D., & ten Brummelhuis, A. (2013). Under which conditions does ICT have a positive effect on teaching and learning? A call to action. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(1), 4–14.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00453.x>
- Voss, T., & Wittwer, J. (2020). Unterricht in Zeiten von Corona: Ein Blick auf die Herausforderungen aus der Sicht von Unterrichts- und Instruktionsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 48(4), 601–627.
<https://doi.org/10.1007/s42010-020-00088-2>
- Waldrip, B., Cox, P., Deed, C., Dorman, J., Edwards, D., Farrelly, C., Keeffe, M., Lovejoy, V., Mow, L., Prain, V., Sellings, P., & Yager, Z. (2014). Student perceptions of personalised learning: Development and validation of a questionnaire with regional secondary students. *Learning Environments Research*, 17(3), 355–370.
<https://doi.org/10.1007/s10984-014-9163-0>
- Waldrip, B., Yu, J. J., & Prain, V. (2016). Validation of a model of personalised learning. *Learning Environments Research*, 19(2), 169–180.
<https://doi.org/10.1007/s10984-016-9204-y>
- Walkington, C. A. (2013). Using adaptive learning technologies to personalize instruction to student interests: The impact of relevant contexts on performance and learning outcomes. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 932–945.
<https://doi.org/10.1037/a0031882>
- Walkington, C., & Bernacki, M. L. (2018). Personalization of instruction: Design dimensions and implications for cognition. *The Journal of Experimental Education*, 86(1), 50–68.
- Wastiau, P., Blamire, R., Kearney, C., Quittre, V., de Gaer, E. V., & Monseur, C. (2013). The use of ICT in education: A survey of schools in Europe. *European Journal of Education*, 48(1), 11–27.
<https://doi.org/10.1111/ejed.12020>
- Wolf, K. D., & Kratzer, V. (2015). Erklärstrukturen in selbsterstellten Erklärvideos von Kindern. In K.-U. Hugger, A. Tillmann, S. Iske, J. Fromme, P. Grell, & T. Hug (Eds.), *Jahrbuch Medienpädagogik 12: Kinder und Kindheit in der digitalen Kultur* (pp. 29–44). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-658-09809-4_3
- Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Wang, C.-C. (2019). Trends and development in

- technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 140, 103599.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research design and methods* (5th edition). Thousand Oaks.
- Zhang, L., Basham, J. D., & Yang, S. (2020). Understanding the implementation of personalized learning: A research synthesis. *Educational Research Review*, 31, 100339.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100339>
- Zhang, L., Yang, S., & Carter, R. A. (2020). Personalized learning and ESSA: What we know and where we go. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 253–274.
<https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728448>

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Datenerhebung des perLen-Projekts.....	41
Tabelle 2: Übersicht über die Datenbasis.....	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Begriffsbestimmung von personalisiertem Lernen mit digitalen Medien	24
--	----

Anhang

A: Verzeichnis der separat beiliegenden Originalarbeiten

- A.1: Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students?¹
- A.2: Implementation of Technology-Supported Personalized Learning — Its Impact on Instructional Quality.²
- A.3: Examining the Use of Technology in Schools with a School-Wide Approach to Personalized Learning.³

¹ Copyright © 2019 by Elsevier B.V. Der Artikel ist wie folgt zu zitieren:
Schmid, R. & Petko, D. (2019). Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students? *Computers & Education*, 136, 75–86.
<https://doi:10.1016/j.compedu.2019.03.006>

² Der Artikel ist wie folgt zu zitieren: Schmid, R., Pauli, C., Stebler, R., Reusser, K. & Petko, D. (2022). Implementation of Technology-Supported Personalized Learning — Its Impact on Instructional Quality. *The Journal of Educational Research*. 115(3), 187–198.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2022.2089086>

³ Der Artikel ist wie folgt zu zitieren: Schmid, R., Pauli, C., & Petko, D. (2022). Examining the Use of Technology in Schools with a School-Wide Approach to Personalized Learning. *Educational technology research and development*.
<https://doi.org/10.1007/s11423-022-10167-z>



Contents lists available at ScienceDirect

Computers & Education

journal homepage: www.elsevier.com/locate/compedu

Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students?

Regina Schmid^{a,*}, Dominik Petko^{b,2}^a Institute for Media and Schools, Schwyz University of Teacher Education, Goldau, Switzerland^b Institute of Education, University of Zurich, Zurich, Switzerland

ARTICLE INFO

Keywords:

Personalized learning
Educational technology
Digital skills
ICT-Related beliefs in learning
Student perspective

ABSTRACT

In order to develop 21st-century skills, especially with respect to digital technologies, students are supposed to know how to use digital technologies for learning and problem solving. In recent years, approaches to personalized learning have been considered to be particularly promising in this regard. A clearly defined concept of personalized learning is still lacking, however. Rather, it serves an umbrella term for educational approaches that try to do justice to the individual abilities, knowledge and learning needs of each student. Our study deals with theoretical dimensions of this multilayered concept and investigates the in-school use of digital technologies for personalized learning as reported by students in connection with their self-assessed digital skills and beliefs about the usefulness of ICT in learning. For this purpose, we have analyzed data from a survey of $N = 860$ students (8th grade) from 31 Swiss schools that have introduced personalized learning concepts. A structural equation model shows that increased reported use of digital technologies in learning environments that are characterized by open teaching methods is an important aspect of personalized learning because it has a positive effect on both self-reported digital skills and self-perceived ICT-related beliefs in learning. At the same time, the experienced freedom of choice in learning activities that include digital technologies, which is often considered a crucial dimension of personalized learning, has no significant effect.

1. Introduction

As a consequence of the rapid progress of digital transformation, which affects many areas of private and professional life, today's learners are expected to develop new skill sets in order to be able to cope with these changes (Littlejohn, Beetham, & McGill, 2012; Stadermann, 2011; Watson & Watson, 2017). Because regular use of technology and digital devices is assumed to have a positive effect on both digital skills and attitudes towards technology (Levine & Donitsa-Schmidt, 1998), schools are faced with high expectations concerning the integration of educational technology into classroom teaching. As will be set out in the subsequent sections, previous studies in schools have only rarely reported positive results in this regard (see Section 2.1). In recent years, personalized learning as a new educational policy and pedagogical keyword has raised high hopes worldwide. Despite its international popularity, the meaning of the term is not clear, however. The concept is multilayered and subsumes a wide variety of aspects, which has led to

* Corresponding author. Zaystrasse 42, CH, Goldau, Switzerland.

E-mail address: regina.schmid@phsz.ch (R. Schmid).

¹ Regina Schmid is a PhD student at the University of Fribourg and research associate at the Schwyz University of Teacher Education.

² Dominik Petko is Professor of Teaching and Educational Technology at the University of Zurich.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.006>

Received 13 September 2018; Received in revised form 15 March 2019; Accepted 17 March 2019

Available online 20 March 2019

0360-1315/ © 2019 Published by Elsevier Ltd.

considerable heterogeneity in definitions and implementation (see Section 2.2). In view of this conceptual fuzziness, empirical research into essential dimensions of personalized learning is urgently needed but still rare. Among others, the question of whether the use of digital technologies in schools that work with personalized learning concepts can foster the students' digital skills and influences their beliefs about technology must be clarified. In the following, the paper explores this question.

2. Literature review and theoretical framework

2.1. School use of digital technologies as a predictor of students' digital skills and beliefs about technology

The use of information and communication technologies (ICT) in formal education is often assumed to have a positive impact on digital skills and 21st-century skills in general (Claro et al., 2012; Fraillon, Ainley, Schulz, Friedman, & Gebhardt, 2014; Voogt, Erstad, Dede, & Mishra, 2013). For referring to computer-specific skills, the term “digital literacy” as a part of 21st-century skills serves as the most common umbrella term, whose definition varies remarkably, however (Jenkins, Purushotma, Weigel, Clinton, & Robison, 2009; Laakkonen, 2015; Littlejohn et al., 2012; Trilling & Fadel, 2009; Voogt et al., 2013). In general, digital literacy is understood to encompass a wide array of applied technological skills which enable individuals to use digital technologies in order to investigate, create, and communicate and thus to participate actively in all areas of professional and social life (Claro et al., 2012; Fraillon et al., 2014; OECD, 2015).

The commonly held assumption that today's students acquire these skills with the ease of “digital natives” (e.g., Oblinger & Oblinger, 2005; Prensky, 2001) has been disproved by recent studies (e.g., Jones, Ramanua, Cross, & Healing, 2010; Margaryan, Littlejohn, & Vojt, 2011; Slechtova, 2015). This implies that the explicit promotion of these skills seems to be necessary in order to avoid so-called “second-order digital divides”, which relate to differences in skills rather than to access to technology (Cruz-Jesus, Vicente, Bacao, & Oliveira, 2016; Hargittai & Hinnant, 2008; Ritzhaupt, Liu, Dawson, & Barron, 2013). As regards such efforts in schools, empirical studies have so far only provided limited evidence of the impact of the use of technology in classrooms on students' self-assessed and tested digital literacy (Claro et al., 2012; Kuhlemeier & Hemker, 2007; Livingstone, 2012; Zhong, 2011). Results from the student surveys of the “Programme for International Student Assessment” (PISA) show, for instance, that student ratings of digital skills primarily depend on their individual ICT access and ICT use at home rather than on the use at school or on the overall level of ICT penetration in a country (Kuhlemeier & Hemker, 2007; Zhong, 2011). In a survey in Europe, Wastiau and colleagues (2013) were able to show that the combined use of digital technologies at home and at school leads to higher levels of confidence in one's ability to perform digital tasks than heavy use of digital technologies at home with only occasional use at school or than rare use of technology in both places. A recent study from Norway even found that the frequency of technology use in schools correlated negatively with the students' self-reported digital skills (Hatlevik, Ottestad, & Throndsen, 2015). As for results that relate to tested digital skills, the “International Computer and Information Literacy Study” (ICILS) has provided support for the hypothesis that digital skills are primarily influenced by the students' experiences with ICT and their regular use of computers at home whereas in-school experiences seemed to have a comparatively low effect (Fraillon et al., 2014; Hatlevik, Throndsen, Loi, & Gudmundsdottir, 2018). In some countries such as Germany and Switzerland, the correlation between in-school technology use and digital literacy proved to be negative (Bos et al., 2014; Eickelmann, Schaumburg, Drossel, & Lorenz, 2014).

This brief review raises the question of how such results come about. Several studies have shown that the frequency with which technology is used is still too low in many schools (Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014; OECD, 2015). This points to the conclusion that it is plausible to assume that a certain intensity of technology use is a condition for empirically measurable results. Another possible explanation is that the quality of the use of digital technologies has not been sufficiently taken into account in past studies although only high-quality use can reasonably be expected to have an effect on digital skills. In this connection, it is likely that some methods of teaching and learning are better suited to ensure qualitatively satisfying use of digital technologies and thus more likely to promote digital skills than other methods.

In addition to digital skills, students' learning beliefs in terms of educational technologies can be considered as important factors with respect to the use of technology. On the one hand, students' beliefs about the usefulness of ICT in learning indicate the quality of the use of digital technologies in class, and on the other hand it can be assumed that if students develop positive ICT-related beliefs in learning, they will also increasingly use digital technologies as a learning instrument in the future. These assumptions can be supported on the basis of the theory of planned behavior (Fishbein & Ajzen, 1975) and the following technology acceptance models (e.g., Davis, 1989; Edmunds, Thorpe, & Conole, 2012), in which beliefs play a central role for future ICT use. Empirical findings concerning the effects of technology use in the classroom on related student learning beliefs are still scarce. Moreover, studies that use student-attitude questionnaires to evaluate new educational technology applications in schools can be affected by a novelty effect. The few studies that have focused on lasting average effects seem to show primarily positive correlations between in-school use of digital technologies and related student beliefs (Gibson et al., 2014; Hakkarainen et al., 2000). As in the case of digital skills, the effects of home use seem to be stronger than the effects of in-school use (Petko, Cantieni, & Prasse, 2018). Furthermore, some studies point to gender-specific differences and differences between students with different socio-economic status (Meelissen & Drent, 2008; Ritzhaupt et al., 2013; Vekiri, 2010a, 2010b).

To sum up, the empirical findings available so far indicate that the use of digital technologies in schools shows weak – sometimes even negative – correlations with self-reported and tested ICT skills and primarily positive correlations with pertinent attitudes and beliefs. These studies have exclusively concentrated on the frequency of ICT use, however, and thus on quantitative aspects. In view of this one-sided focus, it might be worth asking whether the quality of in-school ICT use and the methods of teaching and learning could be more decisive than mere frequency. Against this background, the next sections present the approach of personalized learning

and discuss its relevance in the context of in-school use of digital technologies.

2.2. Personalized learning

Despite major investments in the technological school infrastructure, teachers in many countries are still reluctant to use computers in class, which might explain the limited effect of ICT use in schools on digital skills and related beliefs of students (Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014; OECD, 2015). At the same time, it has repeatedly been argued that a shift in the culture of teaching and learning towards explicitly student-centered and individualized learning is required in order to realize the full potential of digital technologies in schools (Ertmer, Ottenbreit-Leftwich, Sadik, Sendurur, & Sendurur, 2012; Hermans, Tondeur, van Braak, & Valcke, 2008; Overbay, Patterson, Vasu, & Grable, 2010; Reigeluth, Myers, & Lee, 2017). Although these student-centered approaches have been described under several different headings, “personalized learning” seems to be among the most recent and common terms. As mentioned in the introduction, a look at international research literature shows that “personalized learning” is a multilayered construct with numerous definitions and various forms of implementation.

The OECD (2006) was among the first to use this term and described personalized learning in the report “Schooling for Tomorrow – Personalising Education” as a key trend. According to this educational policy report, personalized learning is characterized by changes with regard to five dimensions: 1. assessment for learning: giving students individual feedback and setting suitable learning objectives; 2. teaching and learning strategies based on the individual needs; 3. curriculum choices; 4. a student-centered approach to school organization; 5. strong partnerships beyond the school (Miliband, 2006). Although many researchers have dealt with personalized learning since the publication of the OECD report, a widely accepted definition is still lacking (Keefe, 2007; Stebler, Pauli, & Reusser, 2017; Waldrup et al., 2014; Watson & Watson, 2017). Nevertheless, it is possible to infer the general idea that is behind all current definitions: personalized learning enables students to assume a more active role than in traditional settings, which implies co-determination – “choice and voice” – in learning (Bray & McClaskey, 2015; McLoughlin & Lee, 2010; Miliband, 2006; Sebba, Brown, Steward, Galton, & James, 2007; Stebler et al., 2017; Tu, Yen, & Sujo-Montes, 2015; Watson & Watson, 2017). Freedom of choice can relate to contents, methods, time, social organization, and assessment of learning processes. Personalized learning also includes social aspects such as cooperative learning. Some researchers consider these aspects to mark an essential difference between personalized learning and individualized learning because the latter implies a focus on learning environments in which students work on their own (Bray & McClaskey, 2015; Jones & McLean, 2012; Keamy, Nicholas, Mahar, & Herrick, 2007; Miliband, 2006; Sebba et al., 2007). At the same time, there has been an intense debate about whether and under which conditions such student-centered learning environments are likely to succeed in practice with regard to effective learning. Because strongly self-directed approaches have been criticized for being ineffective (Hattie, 2008; Sweller, Kirschner, & Clark, 2007), the focus of research has shifted to ‘open teaching methods’, which provide room to balance student choice and teacher scaffolding (Drexler, 2010; Lazonder & Harmsen, 2016; Reigeluth et al., 2017).

All things considered, “personalized learning” can be understood as an umbrella term for tailor-made educational approaches that do justice to the abilities, knowledge, and needs of the individual student (Stebler, Pauli, & Reusser, 2018). The concept subsumes adaptive and individualized teacher-led instructional methods in combination with self-directed student activities in “open learning environments”, in which students’ “choice and voice” is encouraged.

2.3. Educational technology in personalized learning environments

In the past ten years, advances of educational technology (e.g. learning analytics, social software, etc.) have been closely associated with personalized learning (Attwell, 2007; McLoughlin & Lee, 2010; Murphy, Redding, & Twyman, 2016; Sebba et al., 2007; Watson & Watson, 2017). Most prominently, the “Education Technology Plan” by the U.S. Department of Education (2010) considered digital technologies to be pivotal to enhancing the effectiveness of learning experiences and suggested possible ways of integrating technology into the classroom. Reigeluth (2017) also proposes three reasons why educational technology can be beneficial: 1. For teachers, it facilitates administration and organization and saves time, especially when they have to manage personalized learning plans. 2. It enhances student motivation due to immersive and authentic task environments. For example, students can deal with real-world problems that are illustrated by video clips and images. Moreover, the Internet opens up a new wealth of authentic tasks through simplified information retrieval. It connects and crosses geographical, temporal and cultural borders. 3. Educational technology provides an infinite number of supportive tutorials whenever a learner needs them. This means, for instance, that if a student does not understand a particular type of task, the software continuously generates further comparable exercises.

In connection with personalized learning, different approaches exist. While some approaches seem to understand technological innovation as personalized learning, using analytical tools and algorithms in order to provide automated adaptive learning tasks and contents, most conceptions regard educational technology as a set of tools whose purpose is to support teachers in customizing their teaching methods to the needs of individual students and to permit student choice while still monitoring student progress and providing scaffolds and feedback. The term “Personal Learning Environments” (PLE), for example, has been coined to describe an individual combination of digital tools (Attwell, 2007; Dabbagh & Kitsantas, 2012; Fiedler & Völjätaga, 2011; Seufert, Stanoevska-Slabeva, Müller, & Scheffler, 2015; Taraghi, 2012; Wilson et al., 2007). Some authors see PLE as loose collections of digital tools that support individual learning processes whereas others describe PLE as platforms that aggregate and relate information across tools or as environments in which the learner and not the teacher is in control. Empirical findings concerning learner control in the context of educational technology show inconsistent results and close-to-zero effects, however. In a meta-analysis of 18 papers, measurable effects have only been shown in the social sciences/history courses and for comprehensive technology teaching programmes (Karich,

Burns, & Maki, 2014). These inconsistencies in conceptual accounts and empirical results imply that the potential benefits of personalized learning with digital technologies need to be explored in further detail.

There is a growing number of studies showing that teachers and students use computers more frequently in student-centered and individualized learning settings than in traditional whole-class settings (European Commission, 2013; Hermans et al., 2008; Law, Pelgrum, & Plomp, 2008; OECD, 2015; Petko, 2012; Petko, Schmid, Pauli, Stebler, & Reusser, 2017). The assumption that personalized learning as an emerging student-centered approach is better suited to integrate digital technologies in a qualitatively satisfying way and thus more effective in fostering students' digital skills and in enhancing their learning beliefs about digital technologies than in conventional settings is still in need of empirical clarification, however.

3. Research question and hypothesis

Against the background of the conceptual explanations and the current state of empirical research as summarized in Section 2, the study to be presented in this paper investigated the use of digital technologies in the context of personalized learning activities on the basis of the following research question:

Do the dimensions “open teaching methods supported by digital technologies” and “students' digital choice and voice” correlate with the students' self-reported digital skills and their beliefs about the usefulness of ICT in learning?

Taking account of the empirical findings available so far, we tested the following hypothesis:

In schools that have introduced personalized learning concepts, the dimensions “open teaching methods with digital technologies” and “students' digital choice and voice” are significant positive predictors of the students' self-reported digital skills and their beliefs regarding the perceived usefulness of these technologies in learning.

4. Methodology

4.1. Contextualization of the study

In Switzerland, a growing number of public and private schools have decided to change their culture of teaching and learning by implementing a variant of personalized learning. The Swiss research project perLen – (“Personalized Learning Concepts in Heterogeneous Learning Groups”), which was conducted between 2013 and 2015, investigated 65 schools that have introduced personalized learning concepts (Pauli, Stebler, & Reusser, 2017; Stebler et al., 2017, 2018). The common characteristics of personalized learning that become manifest in these schools can be described as follows: The schools have rescheduled their weekly lesson plans in order to include regular time slots in which the students learn autonomously and follow – to a greater or lesser extent – a personalized learning plan. In all schools, cooperative learning tasks form an integral part of the work plans. During the self-directed learning units, the students are given more choice and voice regarding what, how and when they learn than in conventional teaching settings. Furthermore, teachers provide assistance during this self-directed working time. The schools vary with respect to the extent of teacher guidance in these units, however. In addition, all participating schools have developed different elements in order to support the students. In many schools, the students have one-on-one meetings with their teacher in which they discuss the workflow and their difficulties. Specific – partly digital – administration tools monitor progress and indicate where the students need support. Further, many schools provide separate spaces for cooperative work in order to avoid distraction and to ensure that students who work on their own can concentrate.

All schools that participated in the perLen study had initiated the changes themselves with the intention to improve their teaching and to cater for a heterogeneous student population.

4.2. Sample

This study is based on a cross-sectional survey on the use of digital technologies in schools that have introduced personalized learning concepts. While the entire sample of the perLen-study consists of 65 schools and includes different school levels, our analysis relates to a sub-sample of $N = 31$ lower-secondary schools with $N = 1017$ 8th-grade students (486 female, 531 male) from 78 classes. All of these 31 schools are located in the German-speaking part of Switzerland and responded to an open call for schools with personalized learning concepts or had been invited because of recommendations from municipal and cantonal education departments. Participation was voluntary. Although the sample cannot be considered representative, all schools have been developing their teaching in the direction of personalization in the described areas: open teaching methods with individualized learning, adaptive learner support, and cooperative learning (see Section 2.2). Furthermore, their learning and teaching architectures differ significantly from the traditional spatial and temporal structures. This becomes particularly manifest in timetables and class composition. The timetables explicitly contain slots for personalized learning. These autonomous learning activities – often referred to as “learning atelier” – typically take place in an open room that is similar to an open-plan office in which all students have their own workspace. Besides the time spent on the activities in the learning atelier, which takes approximately one third of the lessons, the students receive input in conventional classroom settings. While these input lessons are taught in different performance groups, the learning atelier takes place in larger groups that are heterogeneous in terms of performance. In some schools, the age groups within a learning group overlap; in other cases, three classes from the same grade are combined into one.

Within the sample of $N = 1017$ lower-secondary students, only those who had stated that they at least sometimes use computers or tablets in class were questioned about their user behavior in more detail. After the exclusion of non-responses, the data set consisted of $N = 860$ students. The sample is made up of 48.7% (419) female students and 51.3% (441) male students. The median year of birth was 1999, with an interquartile range between 1997 and 2002.

4.3. Data collection

In order to answer the research question, the student perspective provides the most direct account of what happens during personalized learning units and of how this relates to their self-reported digital skills and beliefs about learning. Therefore, students were surveyed by means of an online questionnaire which took place during regular lessons in 2013, as part of the perLen study. This questionnaire had been devised on the basis on various existing instruments. The latent variable “students' self-reported digital skills” measured the students' self-assessment of their capability to perform various computer tasks (ISKIL, 4 items, sample item: “How well can you write a text on the computer?”; Cronbach's $\alpha = 0.78/\Omega = 0.80$) while the second latent variable “Students' beliefs about usefulness of ICT in learning” measured whether the students consider learning on the computer as useful (IBELF, 4 items, sample item “When I use the computer, I am more concentrated while learning”; Cronbach's $\alpha = 0.86/\Omega = 0.88$). Both latent dependent variables are short scales, developed on the basis of the inventory by Wastiau et al. (2013). Because Cronbach's alpha often underestimates internal consistency, Omega was also calculated as an alternative measure of internal consistency (Deng & Chan, 2017). All items had to be rated on a 4-point Likert-type scale (ISKIL “very well – fairly well – a little – not at all”; IBELF “strongly agree – agree – disagree – strongly disagree”).

All variables that asked the students to rate how often they use ICT for different classroom activities are listed in Table 1 (iac, 20 items; Cronbach's $\alpha = 0.89/\Omega = 0.90$). The variables had been derived from the scale “student activities”, which is based on instruments developed by Bos, Gerick, et al. (2014) and Bos, Eickelmann, et al. (2014), Rakoczy, Buff, and Lipowsky (2005) and Urhahne, Marsch, Wilde, and Krüger (2011). The responses were again elicited by means of a 4-point Likert-type scale (almost daily, 1 to 2 times per week, 1 to 2 times per month, almost never).

The construction of the latent independent variables “students' digital choice and voice” (DCOV, 3 items, iac6-8; Cronbach's $\alpha = 0.81/\Omega = 0.82$) and “open teaching methods with digital technologies” (OTMD, 3 items, iac3-5; Cronbach's $\alpha = 0.67/\Omega = 0.68$) was grounded in theory and is presented in the results section (see the structural equation model in Fig. 3). In order to check other aspects that might have an effect on the students' digital skills and their beliefs about the usefulness of ICT in learning, we questioned the students about their ICT use at home (IHO) and asked them to state their gender (SEX) (see, e.g., Volman, van Eck, Heemskerk, & Kuiper, 2005).

4.4. Data analysis

In a first step, we calculated descriptive measures in order to determine the use of digital technologies within different classroom activities (see Table 1, items iac1-20). Afterwards, we analyzed two theory-based dimensions of personalized learning with digital technologies in depth: “open teaching methods supported by digital technologies” (see Table 1, items iac6-8) and “students' digital choice and voice” (see Table 1, items iac3-5). Then, we computed a structural equation model for the purpose of analyzing the dimension “open teaching forms supported by digital technologies” as a predictor of the participating students' self-reported digital skills and their beliefs about the usefulness of ICT in learning (see Fig. 1). A further structural equation model served to calculate these regressions with the second dimension “students' digital choice and voice” (see Fig. 2). After the separate analyses, which we had conducted to identify possible interaction effects, the two structural equation models were combined into one (see Fig. 3).

Although there might have been some variance between the schools, it was not possible to apply multilevel modelling because the sample consisted of too few schools relative to the number of parameters. All analyses were carried out with R version 3.3.3 and the packages lavaan, lavaan. survey, psych, semPlot and sjmisc (Beaujean, 2014; Lüdtke, 2017; Revelle, 2017; Rosseel, 2012).

To test the structural equation models, we used the Robust Maximum Likelihood (MLR) method and treated missing patterns with a Full Information Maximum Likelihood (FIML) approach. In addition, we used modification indices in order to add selected cross-correlations between variables if they were plausible within the theoretical model and improved the fit of the theoretical model. As measures of goodness of fit, we will report χ^2 values, CFI, TLI, RMSEA and SRMR with minimum cut-off criteria of 0.95 and above for CFI and TLI, below 0.05 for RMSEA and below 0.06 for SRMR (Hu & Bentler, 1999). All analyses were based on a significance level of $p \leq 0.05$.

5. Results

5.1. The use of digital technologies in schools with personalized learning concepts

Ninety-three of 1017 students (36 female, 57 male) stated that they (almost) never use a computer in class while 45 students (24 female, 21 times) chose the option “I don't know”. This means that 86.4% of the participating students use a computer in class when they work according to personalized learning concepts. A comparison with the national Swiss sample in ICILS 2013 shows that the students in our study use computers at school much more frequently than students in average Swiss schools (ICT use in class at least once a week: perLen = 74.8% vs. ICILS = 34.4%). If the systematic missings are taken into account, the following results relate to those 86.4% of the students ($N = 860$) who had stated that they use digital technologies at school.

Table 1

Average frequency of classroom activities supported by digital technologies from the students' perspective.

Item	Item	Median	Mean	SD
	on the computer ...			
iac1	work on your own	3	2.97	0.72
iac8	decide on the procedure yourself	3	2.97	0.91
iac7	arrange your schedule yourself (autonomous allotment of time)	3	2.91	0.95
iac17	search for information (e.g. Internet encyclopedia)	3	2.85	0.86
iac6	decide on the learning content yourself	3	2.71	1
iac2	deal with difficult tasks by yourself	3	2.55	0.92
iac4	work in the learning atelier	2	2.32	1.05
iac20	pursue a project	2	2.2	0.93
iac19	check solutions yourself	2	2.09	1.04
iac12	help others	2	2.08	0.95
iac10	cooperate with a learning partner	2	2.03	0.88
iac9	work in groups via the Internet	2	2.02	0.91
iac3	follow a weekly or daily schedule	2	2	1.01
iac5	deal with tasks from the workshop	2	1.98	0.93
iac13	get help via the Internet	1	1.71	0.92
iac15	prepare a portfolio	1	1.56	0.85
iac11	take part in discussions via the Internet	1	1.55	0.88
iac18	ask the teacher for help via e-mail or learning platform	1	1.54	0.81
iac16	discuss work with the teacher via email or learning platform	1	1.52	0.82
iac14	keep a diary or learning journal	1	1.36	0.75

Notes. $N = 860$; SD = standard deviation; scale: 1 = (almost) never, 2 = about once a month, 3 = once or twice a week, 4 = (almost) every day; Cronbach's $\alpha = 0.89$, $\Omega = 0.90$.

Table 1 shows the frequency ratings of different classroom activities that are supported by computers. On average, the students stated that they use the computer most frequently (i.e. at least once a week) to deal with individual tasks (iac1, $M = 2.97$, $SD = 0.72$). In addition, they reported a high degree of self-determination in terms of procedure (iac8, $M = 2.97$, $SD = 0.91$) and time allocation (iac7, $M = 2.91$, $SD = 0.95$). Among the mid-ranking activities are computer-aided activities within learning settings that are characterized by open teaching methods. Tasks to be dealt with on the computer according to a weekly or daily schedule or in a workshop occur on average approximately once a month (iac3, $M = 2.0$, $SD = 1.01$; iac5, $M = 1.98$, $SD = 0.93$). In contrast to individual work with computers, the students stated that they rarely – i.e. less than once a month – communicate with teachers via email or learning platforms to seek help (iac18, $M = 1.54$, $SD = 0.81$) or to discuss a task (iac16, $M = 1.52$, $SD = 0.82$). Furthermore, the students reported on average that they almost never use a digital learning journal or digital diary for reflecting (iac14, $M = 1.36$, $SD = 0.75$).

5.2. Structural equation model for open teaching methods supported by digital technologies

As assumed in theoretical accounts, “open teaching methods supported by digital technologies” is an important factor with respect to personalized learning (OTMD, iac3, iac4, iac5; Cronbach's $\alpha = 0.67$, $\Omega = 0.68$). In order to investigate the influence of this factor on the students' self-reported digital skills (ISKIL) and beliefs about the usefulness of ICT in learning (IBELF), we calculated a structural equation model (see Fig. 1). As the fit values indicated a well-fitting model, no modifications were necessary ($\chi^2(60) = 164.66$, $TLI = 0.96$, $CFI = 0.97$, $RMSEA = 0.047$, $SRMR = 0.041$). All results are highly significant ($p \leq 0.001$). According to Hu and Bentler (1999), good model fits are defined by the following five criteria: χ^2/df -ratio ≤ 2 , comparative fit index (CFI) ≥ 0.95 , Tucker Lewis Index (TLI) ≥ 0.95 , root mean square error of approximation ($RMSEA$) ≤ 0.06 and standardized root mean square residual ($SRMR$) ≤ 0.08 .

In line with expectations, the estimated ISKIL increases significantly with the reported frequency of open teaching methods supported by digital technologies (OTMD) ($\beta = 0.36$). Furthermore, the students perceived the use of the computer in learning settings that are characterized by open teaching methods (IBELF) to be significantly more useful with more frequent OTMD ($\beta = 0.36$). There is a significant positive correlation between the two dependent variables IBELF and ISKIL ($\beta = 0.39$). In addition to the analysis of OTMD as a predictor, the model also determines external factors as ICT use at home (IHO) reported by the students and gender (SEX) on which ISKIL and IBELF depend. The estimated ICT use at home has a small to medium effect on ISKIL ($\beta = 0.23$) and on IBELF ($\beta = 0.20$). The small to medium gender effect is slightly more pronounced. On average, boys showed higher ratings of their digital skills ($\beta = 0.26$) and beliefs about the usefulness of ICT in learning ($\beta = 0.22$) than girls.

5.3. Structural equation model for students' digital choice and voice

A second theory-based factor of personalized learning is “students' digital choice and voice” (DCOV, iac3, iac4, iac5; Cronbach's $\alpha = 0.67$, $\Omega = 0.68$). The influence of DCOV on the students' self-reported digital skills (ISKIL) and beliefs about the usefulness of ICT in learning (IBELF) was investigated in a further structural equation model with good fit values ($\chi^2(60) = 174.79$, $TLI = 0.96$,

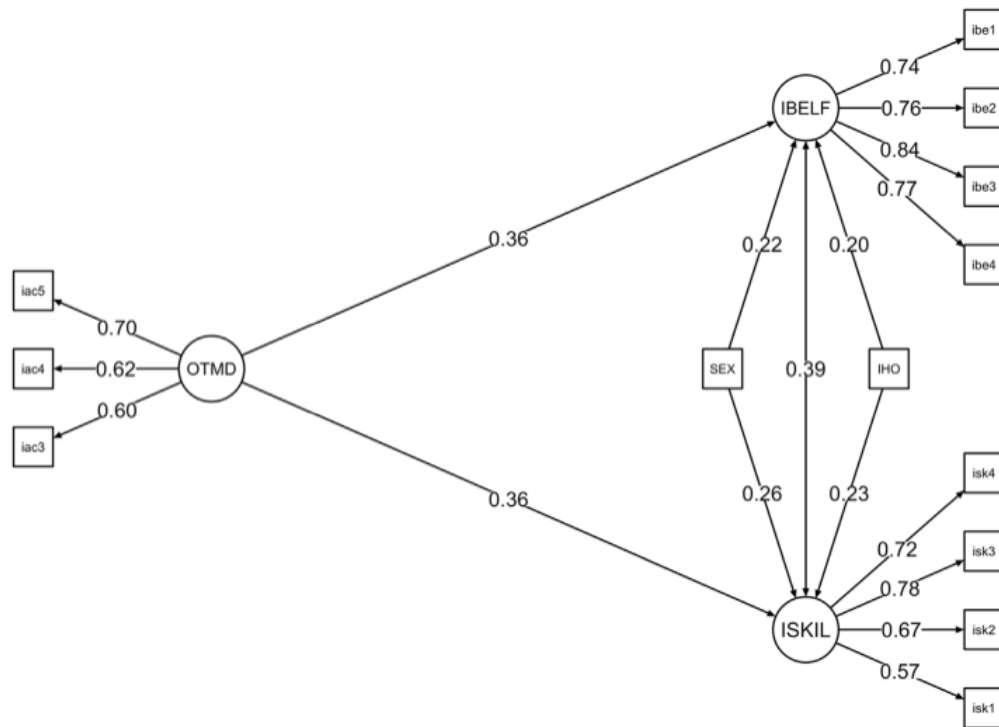


Fig. 1. Structural equation model for open teaching methods supported by digital technologies ($N = 860$; all factor loadings are highly significant: $***p \leq 0.001$; fit values: $\chi^2(60) = 164.66$, TLI = 0.96, CFI = 0.97, RMSEA = 0.047, SRMR = 0.041; *iac* = classroom activities supported by digital technologies [see Table 1], OTMD = open teaching methods supported by digital technologies, IBELF = students' beliefs about the usefulness of ICT in learning, ISKIL = students' self-reported digital skills, SEX = gender, IHO = students' reported ICT use at home).

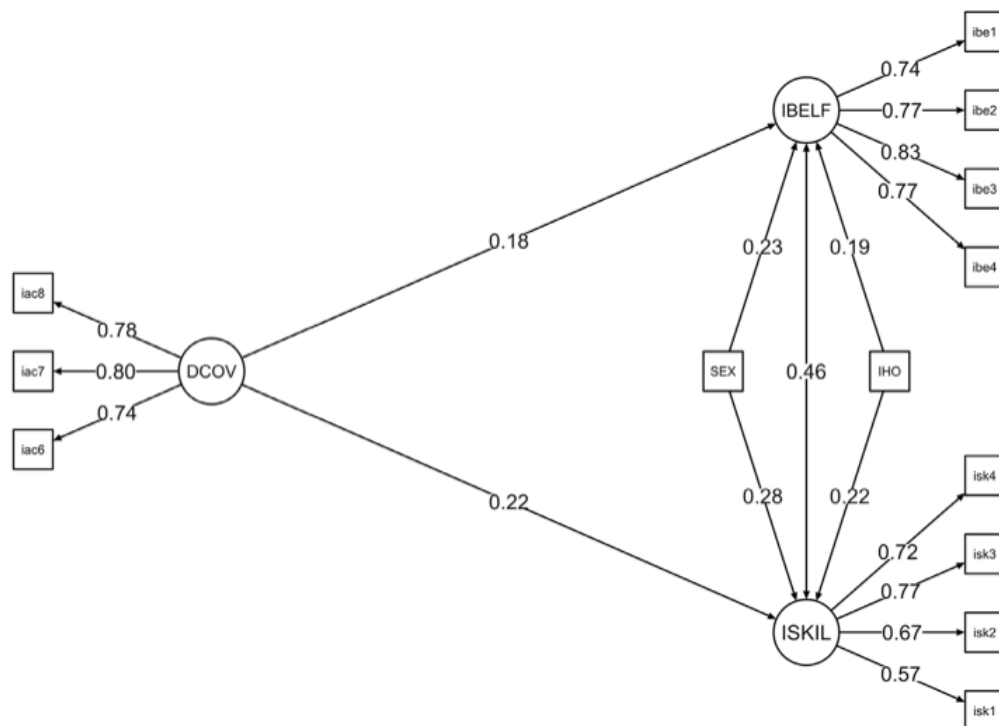


Fig. 2. Structural equation model for students' digital choice and voice ($N = 860$; all factor loadings are highly significant: $***p \leq 0.001$; fit values: $\chi^2(60) = 174.79$, TLI = 0.96, CFI = 0.97, RMSEA = 0.049, SRMR = 0.050; *iac* = classroom activities supported by digital technologies [see Table 1], DCOV = students' digital "choice and voice", IBELF = students' beliefs about the usefulness of ICT in learning, ISKIL = students' self-reported digital skills, SEX = gender, IHO = students' reported ICT use at home).

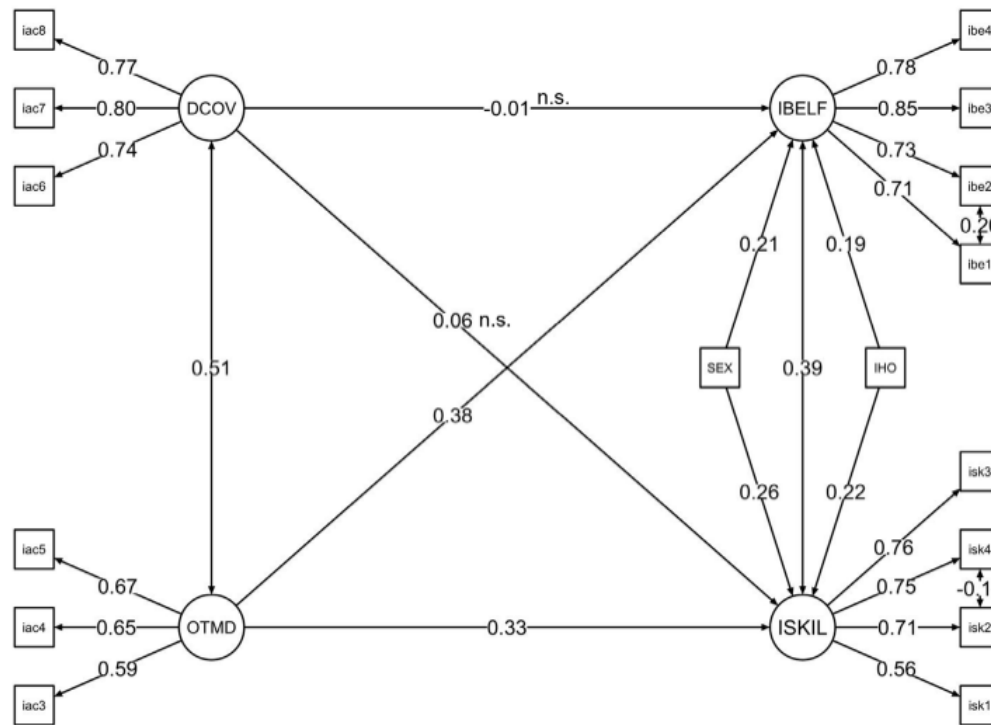


Fig. 3. Structural equation model for two dimensions of personalized learning supported by digital technologies ($N = 860$; all factor loadings without indication are highly significant: $***p \leq 0.001$; fit values: $\chi^2(94) = 223.12$, TLI = 0.96, CFI = 0.97, RMSEA = 0.041, SRMR = 0.049; iac = classroom activities supported by digital technologies [see Table 1], DCOV = students' digital "choice and voice", OTMD = open teaching methods supported by digital technologies, IBELF = beliefs about the usefulness of learning with ICT, ISKIL = students' self-reported digital skills, SEX = gender, IHO = students' reported ICT use at home).

CFI = 0.97, RMSEA = 0.049, SRMR = 0.050).

All results proved to be highly significant and similar to those shown in Fig. 1. The effect sizes are smaller, however (see Fig. 2). With more frequent reported DCOV, ISKIL and IBELF received significantly higher student ratings (ISKIL $\beta = 0.22$, IBELF $\beta = 0.18$). The correlation between the dependent variables ISKIL and IBELF is strong and positive ($\beta = 0.46$). As expected, the external factors "ICT use at home" (IHO) as reported by the students and "gender" (SEX) have a positive effect on ISKIL and IBELF too. The effect of the reported ICT use at home on ISKIL ($\beta = 0.22$) and on IBELF ($\beta = 0.19$) is rather small. On average, boys rated their digital skills ($\beta = 0.28$) significantly higher than girls. With respect to about the students' reported beliefs about the usefulness of ICT in learning, the gender effect was smaller ($\beta = 0.23$).

5.4. Structural equation model for both dimensions of personalized learning (OTMD and DCOV)

In a further step, we created a structural equation model with both dimensions of personalized learning (OTMD and DCOV) to analyze the regressions again (see Fig. 3). The fit values pointed to a well-fitting model after we had included two plausible cross-correlations between manifest variables and the correlation between OTMD and DCOV ($\chi^2(94) = 223.12$, TLI = 0.96, CFI = 0.97, RMSEA = 0.041, SRMR = 0.049).

The effect of the estimated open teaching methods with ICT (OTMD) on the students' self-reported digital skills (ISKIL, $\beta = 0.34$) and their beliefs about the usefulness of ICT in learning (IBELF, $\beta = 0.38$) proved to be medium to strong. In contrast, the effect of the second dimension of personalized learning, the students' perceived digital choice and voice (DCOV), on their self-reported digital skills ($\beta = 0.04$) and on beliefs about the usefulness of ICT in learning ($\beta = 0.00$) tends to zero and is therefore not significant. The two independent variables OTMD and DCOV correlate strongly, however ($\beta = 0.51$). The results of all regressions remain the same if DCOV is calculated as a mediator. In line with expectations, the correlation between ISKIL and IBELF proved to be highly significant ($\beta = 0.39$). Moreover, the model indicates that ISKIL and IBELF are influenced by the students' self-reported ICT use at home (IHO) and their gender (SEX). As shown in Figs. 1 and 2, the students' reported ICT use at home has a small effect on ISKIL ($\beta = 0.23$) and IBELF ($\beta = 0.19$) as well. The small to medium gender effects remain slightly more pronounced. On average, boys rated their digital skills ($\beta = 0.27$) and the usefulness of ICT for learning ($\beta = 0.21$) higher than girls.

Further control variables such as age were excluded because they had no significant effects and the fit values deteriorated. Regarding school effects, we carried out a multi-level calculation. Owing to too few clusters compared to the free parameters that had to be estimated, it was not possible to perform a reliable calculation. The same problem occurred when only the cluster structure was considered.

6. Discussion

The findings of our study provide insights into the relationship between personalized learning concepts and ICT use at school. In the schools of the sample, a large majority of the students (74.8%) stated that they use digital technologies at least once a week. In comparison to students of average Swiss schools, the students in this special sample reported using digital technologies much more frequently than the students in the national sample of the ICILS study (Petko, Schmid, Pauli, Stebler, & Reusser, 2017). This is in line with international findings that point to more frequent ICT use in student-centered and individualized learning settings than in conventional settings (European Commission, 2013; Hermans et al., 2008; OECD, 2015; Petko, 2012). In most studies, however, the correlations between ICT use and self-assessed ICT skills and related attitudes and beliefs tended to be close to zero or even negative in average schools. Our study aimed to investigate whether this is also the case in schools that have introduced personalized learning concepts. In many countries, the approach of personalized learning is anchored in educational policy and functions as a pedagogical keyword. Despite the popularity of this approach, empirical studies on personalized learning – understood as an umbrella term for tailor-made educational settings that take the individual student's abilities, knowledge and needs into account – are largely lacking. Our study tried to address this desideratum by analyzing the relationship between the participating students' self-reported digital skills and their beliefs about the usefulness of ICT in learning on the basis of two theoretically grounded core dimensions of personalized learning with digital technologies.

In accordance with the research literature, we analyzed the following two core factors in more detail: “open teaching methods supported by digital technologies” and “students' digital voice and choice” (Bray & McClaskey, 2015; Jones & McLean, 2012; Miliband, 2006). As assumed in the hypothesis, open teaching methods that make use of digital technologies proved to have a strong positive effect on both the students' self-reported digital skills and their beliefs about the usefulness of ICT in learning (see Figs. 1 and 3). This stands in stark contrast to previous findings from schools without explicit personalized learning culture for which only minor – if any – effects have been reported in this regard (Claro et al., 2012; Eickelmann et al., 2014; Fraillon et al., 2014; Livingstone, 2012; OECD, 2010; Wastiau et al., 2013; Zhong, 2011).

The finding that students reported ICT use in open teaching settings and their self-reported digital skills as well as their beliefs about the usefulness of ICT in learning are strongly related can be explained in two ways. First, the results could be put down to the overall increased frequency of ICT use in these schools. This could lead to the assumption that ICT use needs to exceed a certain threshold in order to produce measurable effects. This explanation can be supported by findings from international studies that indicate that the use of digital technologies tends to have a higher effect on student skills and beliefs in countries such as Australia which are characterized by a high extent of ICT activities in schools (Bos et al., 2014; Eickelmann et al., 2014). Second, the effects found in our study could be explained by the personalized way of working with ICT in these schools. The concept of personalized learning rests on the premise that students should be active decision-makers, also with regard to their computer use for learning. This could lead to a higher perception of self-efficacy and more positive beliefs as regards the usefulness of ICT as a learning tool than in schools that follow traditional approaches to teaching and learning.

The second explanation seems to apply only in part to the unexpected result that the students' self-assessed digital choice and voice had no influence on their self-reported digital skills and their beliefs about the usefulness of ICT in learning if both core factors were analyzed together (see Fig. 3). The small significant influence in the separate model (Fig. 2) disappears in the final model (Fig. 3). The final model shows, however, that open teaching methods and the students' choice and voice in terms of digital technologies correlate strongly. The assumption that the students' choice and voice acts as a mediator between open teaching methods and their self-reported digital skills and beliefs could not be confirmed. The unexpected, not significant effect of the students' digital choice and voice persists. Therefore, the main added value seems to consist in the opening of teaching, which involves new forms of organization of teaching with respect to spatial and temporal structures in all schools of the sample. Autonomous learning with personalized learning plans in an open-plan workspace is apparently suitable for a qualitatively oriented integration of digital technologies because the student ratings of digital skills and beliefs about the usefulness of ICT in learning increased with the reported frequency of ICT use in learning environments that are characterized by open teaching methods.

Although our study provides instructive insights into the effects that may be connected with the reorganization of teaching in terms of new spatial and temporal structures, the results need to be interpreted with care. The study has various limitations. First, all variables were measured by means of self-report student questionnaires, which raises the question of a mono-method bias. Second, the study did not measure longitudinal effects so that the direction of the relationships between the variables remains hypothetical. Third, our study was based on the assumption that the students' skills and beliefs are influenced by classroom computer use in learning environments that are characterized by open teaching methods and by digital choice and voice. It might be equally plausible, however, to formulate the hypothesis the other way around: Students who have more skills and more positive beliefs are more likely to choose digital technologies as a learning tool – and personalized learning environments provide them with the opportunity to do so. This hypothesis could be supported by technology acceptance models in which self-efficacy beliefs (i.e. “ease of use”) and effectiveness beliefs (i.e. “perceived usefulness”) act as core factors regarding both the intention to use technology and its actual use (Davis, 1989; Venezy & Davis, 2002). As both hypotheses are equally probable, it might be plausible to assume circular interaction. In order to test this hypothesis, a longitudinal cross-lagged study would be required, however. Lastly, our study aimed to analyze ICT use in schools with personalized learning concepts in more detail by specifically looking at two pedagogical dimensions: 1) open teaching methods and 2) students' choice and voice. Our data do not allow a statement about the quality of the implementation. This means that the model does not include variables that measure the extent to which these different activities have been implemented effectively. A comprehensive and coherent picture could only emerge if future studies took the teachers' perspective and the quality of the implementation into account as well.

As regards methodology, the sample of follow-up studies should be large enough to do justice to the multilevel structure. Self-assessments should be complemented by performance tests because, ultimately, the intention behind the use of educational technology is not only to lead to a subjectively perceived increase in digital skills but also to achieve an objectively measurable increase, along with the belief that these technologies are useful for learning.

Keeping these limitations in mind, we can conclude that our cross-sectional study shows a clear relationship between the reported frequency of open teaching methods with ICT and the students' self-reported ICT skills and beliefs about the usefulness of ICT in learning. This is a finding that has been difficult to measure in many other previous studies that looked for correlations between these factors in schools without explicit orientation towards personalized learning. In conclusion, the schools of our sample indicate that open teaching methods and new forms of organization (integration of slots for self-directed learning, dissolution of traditional class compositions) should be given more attention in the context of teaching development than they are given at present. This reorganization of teaching and learning seems not only to involve more frequent ICT integration but could also lead to higher student ratings of digital skills and beliefs about the usefulness of ICT in learning.

Acknowledgement

Mercator Foundation Switzerland, Grand ID 2011-0244



References

- Attwell, G. (2007). Personal learning environments - the future of eLearning? *eLearning Papers*, 2(1), 1–8.
- Beaujean, A. A. (2014). *Latent variable modeling using R: A step-by-step guide*. New York: Routledge.
- Bos, W., Eickelmann, B., & Gerick, J. (2014). Computer- und Informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe in Deutschland im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, & M. Senkbeil, (Eds.). *ICILS 2013. Computer- und Informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (pp. 113–145). Münster: Waxmann.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., & Schwippert, K., (Eds.). (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bray, B., & McClaskey, K. (2015). *Make learning personal: The what, who, WOW, where, and why*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Claro, M., Preiss, D., San Martin, E., Jara, I., Enrique Hinostroza, J., Valenzuela, S., et al. (2012). Assessment of 21st century ICT skills in Chile: Test design and results from high school level students. *Computers & Education*, 59(3), 1042–1053. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.004>.
- Cruz-Jesus, F., Vicente, M. R., Bacao, F., & Oliveira, T. (2016). The education-related digital divide: An analysis for the EU-28. *Computers in Human Behavior*, 56, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.027>.
- Dabbagh, N., & Kitsantas, A. (2012). Personal learning environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *The Internet and Higher Education*, 15(1), 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.ihe.2011.06.002>.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Deng, L., & Chan, W. (2017). Testing the difference between reliability coefficients alpha and Omega. *Educational and Psychological Measurement*, 77(2), 185–203. <https://doi.org/10.1177/0013164416658325>.
- Drexler, W. (2010). The networked student model for construction of personal learning environments: Balancing teacher control and student autonomy. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(3), 369–385. <https://doi.org/10.14742/ajet.1081>.
- Edmunds, R., Thorpe, M., & Conole, G. (2012). Student attitudes towards and use of ICT in course study, work and social activity: A technology acceptance model approach. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), 71–84. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01142.x>.
- Eickelmann, B., Schaumburg, H., Drossel, K., & Lorenz, R. (2014). Schulische Nutzung von neuen Technologien in Deutschland im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, & M. Senkbeil, (Eds.). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (pp. 197–229). Münster: Waxmann.
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423–435. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001>.
- European Commission (2013). *Survey of schools: ICT in education. Benchmarking access, use and attitudes to technology in europe's schools*. <https://doi.org/10.2759/94499>.
- Fiedler, S., & Völjtag, T. (2011). Personal learning environments: Concept or technology? *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 2(4), 1–11. <https://doi.org/10.4018/jvp.201100101>.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Gebhardt, E. (2014). *Preparing for life in a digital age: The IEA international computer and information literacy study. International report*. London, UK: Springer Open <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14222-7>.
- Gibson, P. A., Stringer, K., Cotten, S. R., Simoni, Z., O'Neal, L. J., & Howell-Moroney, M. (2014). Changing teachers, changing students? The impact of a teacher-focused intervention on students' computer usage, attitudes, and anxiety. *Computers & Education*, 71, 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.002>.
- Hakkarainen, K., Ilomäki, L., Lipponen, L., Muukkonen, H., Rahikainen, M., Tuominen, T., et al. (2000). Students' skills and practices of using ICT: Results of a national assessment in Finland. *Computers & Education*, 34(2), 103–117. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(00\)00007-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(00)00007-5).
- Hargittai, E., & Hinnant, A. (2008). Digital inequality: Differences in young adults' use of the Internet. *Communication Research*, 35(5), 602–621. <https://doi.org/10.1177/0093650208321782>.
- Hatlevik, O. E., Ottestad, G., & Throndsen, I. (2015). Predictors of digital competence in 7th grade: A multilevel analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 220–231. <https://doi.org/10.1111/jcal.12065>.
- Hatlevik, O. E., Throndsen, I., Loi, M., & Gudmundsdottir, G. B. (2018). Students' ICT self-efficacy and computer and information literacy: Determinants and relationships. *Computers & Education*, 118, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.011>.
- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York, NY: Routledge.
- Hermans, R., Tondeur, J., van Braak, J., & Valcke, M. (2008). The impact of primary school teachers' educational beliefs on the classroom use of computers. *Computers & Education*, 51(4), 1499–1509. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.02.001>.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>.
- Jenkins, H., Purushotma, R., Weigel, M., Clinton, K., & Robison, A. J. (2009). *Confronting the challenges of participatory culture: Media education for the 21st century*. Chicago: MacArthur Foundation.
- Jones, M., & McLean, K. (2012). Personalising learning in teacher education through the use of technology. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(1), 75–92. <https://doi.org/10.14221/ajte.2012v37n1.1>.
- Jones, C., Ramanau, R., Cross, S., & Healing, G. (2010). Net generation or Digital Natives: Is there a distinct new generation entering university? *Computers & Education*, 54(3), 722–732. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.022>.

- Karich, A. C., Burns, M. K., & Maki, K. E. (2014). Updated meta-analysis of learner control within educational technology. *Review of Educational Research*, 84(3), 392–410. <https://doi.org/10.3102/0034654314526064>.
- Keamy, R. K., Nicholas, H., Mahar, S., & Herrick, C. (2007). *Personalising education: From research to policy and practice*. Melbourne: Department of Education and Early Childhood Development.
- Keefe, J. W. (2007). What is Personalization? *Phi Delta Kappan*, 89(3), 217–223. <https://doi.org/10.1177/003172170708900312>.
- Kuhlemeier, H., & Hemker, B. (2007). The impact of computer use at home on students' Internet skills. *Computers & Education*, 49(2), 460–480. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.10.004>.
- Laakkonen, I. (2015). Doing what we teach: Promoting digital literacies for professional development through personal learning environments and participation. In J. Jalkanen, E. Jokinen, & P. Taalas (Eds.). *Voices of pedagogical development - expanding, enhancing and exploring higher education language learning* (pp. 171–195). Dublin: Research-Publishing.net. <https://doi.org/10.14705/rpnet.2015.000292>.
- Law, N., Pelgrum, W. J., & Plomp, T. (2008). *Pedagogy and ICT use in schools around the world: Findings from the IEA SITES 2006 study*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>.
- Levine, T., & Donitsa-Schmidt, S. (1998). Computer use, confidence, attitudes, and knowledge: A causal analysis. *Computers in Human Behavior*, 14(1), 125–146. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(97\)00036-8](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(97)00036-8).
- Littlejohn, A., Beetham, H., & McGill, L. (2012). Learning at the digital frontier: A review of digital literacies in theory and practice. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6), 547–556. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00474.x>.
- Livingstone, S. (2012). Critical reflections on the benefits of ICT in education. *Oxford Review of Education*, 38(1), 9–24. <https://doi.org/10.1080/03054985.2011.577938>.
- Lüdecke, D. (2017). *Sjmisc: Miscellaneous data management tools*. <https://CRAN.R-project.org/package=sjmisc/>, Accessed date: 10 March 2018.
- Margaryan, A., Littlejohn, A., & Vojt, G. (2011). Are digital natives a myth or reality? University students' use of digital technologies. *Computers & Education*, 56(2), 429–440. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.09.004>.
- McLoughlin, C., & Lee, J. J. W. (2010). Personalised and self regulated learning in the Web 2.0 era: International exemplars of innovative pedagogy using social software. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), 28–43. <https://doi.org/10.14742/ajet.1100>.
- Meelissen, M., & Drent, M. (2008). Gender differences in computer attitudes: Does the school matter? *Computers in Human Behavior*, 24(3), 969–985. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.03.001>.
- Miliband, D. (2006). Choice and voice in personalised learning. In OECD (Ed.). *Schooling for Tomorrow: Personalising education* (pp. 21–30). Paris: OECD Publishing.
- Murphy, M., Redding, S., & Twyman, J. S. (2016). *Handbook on personalized learning for states, districts, and schools*. Philadelphia, PA: Center for Innovations in Learning.
- Oblinger, D., & Oblinger, J. (2005). Is it age or IT: First steps toward understanding the net generation. In J. L. Oblinger, & D. G. Oblinger (Eds.). *Educating the net generation* (pp. 2.1–2.20). EDUCAUSE.
- OECD (2006). *Schooling for Tomorrow: Personalising education*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2010). *Are the new millennium learners making the grade?: Technology use and educational performance in PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2015). *Students, computers and learning: Making the connection*. Paris: OECD Publishing <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>.
- Overbay, A., Patterson, A. S., Vasu, E. S., & Grable, L. L. (2010). Constructivism and technology use: Findings from the IMPACTing leadership project. *Educational Media International*, 47(2), 103–120.
- Pauli, C., Stebler, R., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen im Unterricht: Ein Konzept mit Chancen für die Begabungsförderung. *news&science. Begabtenförderung und Begabungsforschung*, 43, 24–26.
- Petko, D. (2012). Teachers' pedagogical beliefs and their use of digital media in classrooms: Sharpening the focus of the 'will, skill, tool' model and integrating teachers' constructivist orientations. *Computers & Education*, 58(4), 1351–1359. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.013>.
- Petko, D., Cantieni, A., & Prasse, D. (2018). Was beeinflusst die Einstellungen zum lernen mit digitalen medien? Eine analyse der Schülerinnen- und Schülerbefragungen von PISA 2012 in der Schweiz [What predicts the attitudes towards learning with digital technologies? An analysis of the PISA 2012 student survey in Switzerland]. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 40(2), 373–390.
- Petko, D., Schmid, R., Pauli, C., Stebler, R., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien: Neue Potenziale zur Gestaltung schülerorientierter Lehr- und Lernumgebungen. *Journal für Schulentwicklung*, 21(3), 31–39.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1–6.
- Rakoczy, K., Buff, A., & Lipowsky, F. (2005). Befragungsinstrumente. In E. Klieme, C. Pauli, & K. Reusser (Eds.). *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis"*, Teil 1. Frankfurt am Main: Gesellschaft zur Förderung der pädagogischen Forschung (GFPP).
- Reigeluth, C. M. (2017). Designing technology for the learner-centered paradigm of education. In C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.). *Instructional-design theories and models, volume IV: The learner-centered paradigm of education* (pp. 287–316). New York and London: Routledge.
- Reigeluth, C. M., Myers, R. D., & Lee, D. (2017). The learner-centered paradigm of education. In C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.). *Instructional-design theories and models, volume IV: The learner-centered paradigm of education* (pp. 21–48). New York and London: Routledge.
- Revelle, W. (2017). *Psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research*. <https://CRAN.R-project.org/package=psych/>, Accessed date: 10 March 2018.
- Ritzhaupt, A. D., Liu, F., Dawson, K., & Barron, A. E. (2013). Differences in student information and communication technology literacy based on socio-economic status, Ethnicity, and gender: Evidence of a digital divide in Florida schools. *Journal of Research on Technology in Education*, 45(4), 291–307.
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling and more. Version 0.5–12 (BETA). *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36.
- Sebba, J., Brown, N., Steward, S., Galton, M., & James, M. (2007). *An investigation of personalised learning approaches used by schools*. DfES Publications.
- Seufert, S., Stanoevska-Slabeva, K., Müller, S., & Scheffler, N. (2015). The design of personal learning environments (PLE) with Scope on information literacy in high school. *Communications in Computer and Information Science*, 533, 148–163. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22629-3_12.
- Slechtova, P. (2015). Attitudes of undergraduate students to the use of ICT in education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.218>.
- Stadermann, M. (2011). *SchülerInnen und Lehrpersonen in mediengestützten Lernumgebungen. Zwischen Wissensmanagement und sozialen Aushandlungsprozessen*. Wiesbaden: Springer Nature https://doi.org/10.1007/978-3-531-93178-4_4.
- Stebler, R., Pauli, C., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen - chancen und Herausforderungen für Lehrpersonen. *Lehren und Lernen. Zeitschrift für Schule und Innovation aus Baden-Württemberg*, 5, 21–28.
- Stebler, R., Pauli, C., & Reusser, K. (2018). Personalisiertes Lernen - zur Analyse eines Bildungsschlagwortes und erste Ergebnisse aus der PerLen-Studie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 64(2), 159–178. <https://doi.org/10.3262/ZP1802159>.
- Sweller, J., Kirschner, P. A., & Clark, R. F. (2007). Why Minimally guided teaching Techniques do not Work: A reply to commentaries. *Educational Psychologist*, 42(2), 115–121. <https://doi.org/10.1080/00461520701263426>.
- Taraghi, B. (2012). Ubiquitous personal learning environment (UPLE). *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 7(2), 7–14. <https://doi.org/10.3991/ijet.v7i2.2322>.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons <https://doi.org/10.5860/choice.47-5788>.
- Tu, C.-H., Yen, C.-J., & Sujo-Montes, L. E. (2015). Personal learning environments and self-regulated learning. In R. Papa (Ed.). *Media rich instruction: Connecting curriculum to all learners* (pp. 35–48). London, UK: Springer Open.
- Urhahne, D., Marsch, S., Wilde, M., & Krüger, D. (2011). Die Messung Konstruktivistischer Unterrichtsmerkmale auf der Grundlage von Schülerurteilen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 2, 116–127. <https://doi.org/10.2378/peu2011.art06d>.
- Vekiri, I. (2010a). Socioeconomic differences in elementary students' ICT beliefs and out-of-school experiences. *Computers & Education*, 54(4), 941–950. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.12.004>.

- org/10.1016/j.compedu.2009.09.029.
- Vekiri, I. (2010b). Boys' and girls' ICT beliefs: Do teachers matter? *Computers & Education*, 55(1), 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.11.013>.
- Venezky, R. L., & Davis, C. (2002). *Quo vademus? The transformation of schooling in a networked world*. Paris: OECD Publishing.
- Volman, M., van Eck, E., Heemskerk, I., & Kuiper, E. (2005). New technologies, new differences. Gender and ethnic differences in pupils' use of ICT in primary and secondary Education. *Computers & Education*, 45(1), 35–55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.03.001>.
- Voogt, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(5), 403–413. <https://doi.org/10.1111/jcal.12029>.
- Waldrip, B., Cox, P., Deed, C., Dorman, J., Edwards, D., Farrelly, C., et al. (2014). Student perceptions of personalised learning: Development and validation of a questionnaire with regional secondary students. *Learning Environments Research*, 17(3), 355–370. <https://doi.org/10.1007/s10984-014-9163-0>.
- Wastiau, P., Blamire, R., Kearney, C., Quittre, V., Van de Gaer, E., & Monseur, C. (2013). The use of ICT in education: A survey of schools in Europe. *European Journal of Education*, 48(1), 11–27. <https://doi.org/10.1111/ejed.12020>.
- Watson, W., & Watson, S. L. (2017). Principles for personalized instruction. In C. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.). *Instructional-design theories and models, volume IV: The learner-centered paradigm of education* (pp. 87–108). New York and London: Routledge.
- Wilson, S., Liber, O., Johnson, M. W., Beauvoir, P., Sharples, P., & Milligan, C. D. (2007). Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 3(2), 27–38.
- Zhong, Z.-J. (2011). From access to usage: The divide of self-reported digital skills among adolescents. *Computers & Education*, 56(3), 736–746. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.016>.

Implementation of technology-supported personalized learning—its impact on instructional quality

Regina Schmid^{a,b} , Christine Pauli^b, Rita Stebler^c, Kurt Reusser^c, and Dominik Petko^c 

^aSchwyz University of Teacher Education, Goldau, Switzerland; ^bCenter for Teacher Education, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland; ^cInstitute of Education, University of Zürich, Zürich, Switzerland

ABSTRACT

Digital technology especially raised hopes to open up new possibilities to personalize learning. Although various schools have implemented approaches of technology-supported personalized learning, the impact on instructional quality remains unclear. As a common definition of the multilayered construct *personalized learning* is lacking, our study focuses on two theoretical dimensions of technology-supported personalized learning to investigate the impact on instructional quality. For this purpose, our study has analyzed data from a survey of N=860 students (8th grade) from 31 Swiss schools with personalized learning concepts. Results show that student-centered teaching methods in the context of technology-supported personalized learning stimulate the cognitive activation of the students, and the supportive climate increases slightly with a higher degree of students' voice and choice on the computer.

ARTICLE HISTORY

Received 28 October 2021
Revised 8 April 2022
Accepted 7 June 2022

KEYWORDS



Instructional quality;
personalized learning;
student-centered perspective;
technology

Introduction

Personalized learning as a student-centered approach is called for to better align instruction to students' individual needs and prior experiences (Murphy et al., 2016; Reigeluth et al., 2017). This idea has existed for a long time and several educational endeavors have tried to implement it with different learning philosophies (e.g., behaviorist, cognitivist and constructivist learning theories). However, the implementation of this idea remains a big challenge. Especially in the last 15 years, the approach of personalized learning has gained popularity, mainly in Anglo-American countries (e.g., Bray & McClaskey, 2015; Miliband, 2006; Pane et al., 2017; Zhang et al., 2020). Although neither student-centeredness nor personalized learning are new research topics, publications on research to personalized learning have increased significantly since 2008 according to a recent review of the literature (Shemshack & Spector, 2020). Digital technology particularly raised hopes to open up new possibilities to personalize learning. Therefore, the approaches are at present often discussed in relation to digital technology. Various studies investigated the role of specific digital tools and systems to personalize learning (Gierl et al., 2018; Lee et al., 2018; McLoughlin & Lee, 2010; Zhang et al., 2020). However, the impact of implemented approaches of technology-supported personalized learning on educational outcomes has been investigated rarely so far (Lee et al., 2021; Shemshack & Spector, 2020; Zhang et al.,

2020). For example, intelligent tutoring systems are one important stream of the existing research (Crow et al., 2018; Kulik & Fletcher, 2016; Ma et al., 2014). This kind of computer programs provides individualized instruction based on computational algorithms or models without the intervention of teachers. With regards to practice, many schools have implemented a whole-school approach of personalized learning, using multiple technological tools to tailor teaching and learning to the individual needs of students and to increase student choice, especially in Europe (Petko et al., 2017; Schmid & Petko, 2019). However, studies have so far rarely investigated the impact of technology-supported personalized learning as a whole-school approach on educational outcomes (Lee et al., 2021; Shemshack & Spector, 2020; Zhang et al., 2020). Although many schools have changed their teaching practices, it is still unclear whether the general use of digital technology to support personalized learning settings have an effect on the quality of instruction.

One difficulty is associated with the operationalization of personalized learning as a complex and multilayered concept. As the research literature shows, a wide variety of dimensions are subsumed under the concept, and the implementation in practice is rather heterogeneous (Keefe, 2007; Shemshack & Spector, 2020; Stebler et al., 2018). To constrain the conceptual fuzziness, the present study analyses two dimensions of computer-supported personalized learning—*student-centered teaching methods* and *students' voice*

CONTACT Regina Schmid  regina.schmid@phsz.ch  Schwyz University of Teacher Education, Zaystrasse 42, Goldau 6410, Switzerland.
This article has been republished with minor changes. These changes do not impact the academic content of the article.

© 2022 The Author(s). Published with license by Taylor & Francis Group, LLC.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited, and is not altered, transformed, or built upon in any way.

and choice in technology-supported personalized learning. The aim of the study is to examine the impact of these two dimensions on the instructional quality as an important mediator of educational outcomes.

In the following, the theoretical background for this study will be presented. First, we present the approach of personalized learning and its relevance in the context of technology. Second, we provide an overview of the current research on the effects of technology-supported personalized learning on educational outcomes. Finally, we describe a widely used conceptualization of the construct of instructional quality in the German-speaking area and explain the effects of technology-supported personalized learning on instructional quality.

Literature review and theoretical framework

Personalized learning and technology

Besides the call to tailor teaching to the individual needs and prior experiences (Murphy et al., 2016; Reigeluth et al., 2017), students must be at the center and active (Bray & McClaskey, 2015; Sebba et al., 2007). These are important preconditions for optimal outcomes of learning. Regarding the published research, the approach of personalized learning has increasingly gained more attention (Shemshack & Spector, 2020), and it is often built on the help of technology (Attwell, 2007; Bingham et al., 2018; Lee et al., 2018; Murphy et al., 2016). Different English-speaking countries, such as the United States, United Kingdom, and Canada, have initiated educational reforms toward personalized learning (Basham et al., 2016; Sebba et al., 2007; Zhang et al., 2020). In Europe, the term *personalized learning* is less established compared to the English-speaking countries. With a view to the school field, for example in Switzerland, several public and private schools have independently introduced forms of personalized learning, often supported by technology (Petko et al., 2017; Schmid & Petko, 2019).

Despite this growing interest across the countries, current systematic research reviews on the implementation and on the definition of the term *personalized learning* show different emphases and demonstrate that a common operationalization of the approach is absent (Shemshack & Spector, 2020; Zhang et al., 2020). Nonetheless, a common overarching idea behind all definitions can be found and can be described as follows: The implementations in practice show a shift toward a broad array of *student-centered teaching methods* that include higher degrees of student self-direction compared to traditional teacher-centered instruction. At the same time, appropriate teacher guidance is an important part of student-centered learning with regard to the effectiveness (Drexler, 2010; Lazonder & Harmsen, 2016). Due to this shift, students have a more active role in personalized learning settings than in traditional learning settings, which gives students a say—*students' voice and choice*—in learning (Bray & McClaskey, 2015; Jones & McLean, 2012; Miliband, 2006; Mötteli et al., 2021; Schmid & Petko, 2019; Watson & Watson, 2017). Within curricular guidelines, students' voice and choice can relate to what, when, and how they learn. Further, students can co-determine the social

organization and the assessment of the learning process. The active involvement of the students through their voice and choice can be considered as a key differentiator from other related concepts, such as individualization and differentiation (Bray & McClaskey, 2015; DeMink-Carthew & Netcoh, 2019). The National Personalized Learning Scan of the United States shows that giving students more control of pacing content and learning activities is one of the biggest challenges in the transition toward personalized learning. This challenge is reflected in a strong reluctance to cede control to students (Gross et al., 2018).

In the implementation of personalized learning settings, technology can be significantly supportive. Lee et al. (2018) argue that to personalize instruction and to document the individual learning progress, technology is essential. Their study of the functions of technology in personalized learning showed that technology is currently used primarily for lesson planning and instruction (Lee et al., 2018). In general, the organization and management of personalized learning settings are becoming more complex than in traditional learning settings. Compared to traditional learning settings where teachers have for the most part given the same task to all students at the same time, the teaching methods in personalized learning settings are student-centered. This means students solve different tasks with different performance levels at different times of their own choosing, which is more demanding to organize and manage. However, by implementing technology, the increased complexity can be managed, for example, through a better overview of the individual tasks and the processing status. On the one hand, this overview helps the teacher to recognize individual needs of students for support at an early stage, despite the individual assignment of tasks and processing status (Reigeluth, 2017), and on the other hand, it helps the individual student to keep track of their individual tasks with different submission dates (Schmid et al., 2022). Thus, technology can enable personalized learning settings by mastering the organization and management of personalized learning plans. With regard to students' voice and choice, technology provides a greater range of information, especially due to the internet (e.g., Sebba et al., 2007). This can help teachers to develop tasks with individual content choice on one hand and tasks with authentic problems on the other hand, which would not be possible in this form without technology. If students can learn with authentic problems or can choose the content within a task adapted to their individual interests, learning becomes more relevant, which has the potential to increase the learning outcome (Walkington & Bernacki, 2018). At the same time, this means that students must learn at school how to use the internet, for example, how to find the desired information on the internet.

The required prior knowledge in dealing with technology shows that, along with the advantages, there are also certain challenges to be considered. For example, a good infrastructure including sufficient internet bandwidth and a school-wide IT concept are important preconditions (Bingham et al., 2018). However, a high standard of infrastructure does not automatically lead to a more intensive or effective integration of technology (Niederhauser et al., 2018). Different studies show that

teachers' individual beliefs about the use of technology play a critical role in whether they regularly use technology in the classroom and in how effectively they use it (Ertmer et al., 2012; Hermans et al., 2008; Petko, 2012). Finally, students need specific introductions to each digital tool and assistance in completing tasks on the computer (Schmid et al., 2022).

Effects of technology-supported personalized learning approaches on educational outcomes

While positive effects of technology-supported personalized learning approaches on educational outcomes have been often proposed from a theoretical perspective, empirical evidence is still in its infancy. Shemshack and Spector (2020) described it as challenging to find “a sufficient number of published cases that report effect sizes” to conduct a meta-analysis on personalized learning environments that are among other factors “effective and efficient in supporting and promoting desired learning outcomes” (p. 2). Lee et al. (2021) support this evaluation with the conclusion that scarce studies have investigated the practice of personalized learning in relation with academic achievement. However, a research review on the implementation of personalized learning showed that 50 out of 71 studies investigated a specific tool or digital system to enable personalized learning (Zhang et al., 2020). The majority of these studies were associated with positive findings among others in terms of academic outcome and engagement (e.g., Arroyo et al., 2014; Walkington, 2013). Meta-analyses of intelligent tutoring systems (ITS) indicate positive effects on student outcomes when compared to non-individualized forms of teacher-guided instruction or non-ITS educational software (Kulik & Fletcher, 2016; Ma et al., 2014). However, the development costs of ITS are immense and only few systems are available for highly specific curricular topics. A recent systematic review of the conceptual trends of technology-supported personalized learning corroborates a positive trend on learning outcomes (Van Schoors et al., 2021). Further, the research reviews pointed out that only a few studies evaluated the practice of technology-supported personalized learning as a comprehensive school-wide approach and its effect on educational outcomes (Van Schoors et al., 2021; Zhang et al., 2020).

Two national large-scale studies of the United Kingdom investigated practices of personalized learning in the context of the educational strategy. Sebba and his colleagues (2007) analyzed how schools implemented personalized learning initiated by the Five Year Strategy for Children and Learners in 2004 (Department for Education and Skills and Great Britain (DfES), 2004). About half of the schools used technology for assessment, but otherwise the interplay between educational effectiveness and personalized learning with technology was not explored in detail (Sebba et al., 2007). The other study analyzed questionnaires of 67 schools and conducted case studies of 24 schools (Underwood et al., 2007). According to the case studies, students used computers for collaborative learning and online self-assessment, and teachers used computers for computer-based instruction. However, the data from the questionnaires indicated no

statistically significant correlation between high-performing secondary schools and a high degree of personalization according to the agenda of the schools. Further, a recently published study of the United States investigated personalized learning approaches and technology in relation to students' performance (Lee et al., 2021). Survey data of 72 learner-centered schools and standardized test results were analyzed. Teachers in high-performing schools used technology for more functions and implemented personalized learning more comprehensively compared to low-performing schools (Lee et al., 2021). To strengthen this finding, it would be necessary to control for context factors, as for example IT infrastructure, or the rate of free and reduced lunches (FRL rate), which was higher in the low-performing group.

When looking at the effectiveness of student-centered approaches in general, two meta-analyses studies showed that student-centered approaches are associated with an increase in cognitive and in emotional-social aspects of learning in comparison to traditional approaches (Cornelius-White, 2007; Freeman et al., 2014). Other review studies questioned the effectiveness of minimally guided instruction approaches (Hattie, 2009; Sweller et al., 2007). At present, there is a distinct shift toward student-centered teaching methods supported by technology that offer an appropriate combination of student self-direction and teacher support (Lazonder & Harmsen, 2016; Petko et al., 2017; Stebler et al., 2018).

Overall, limited empirical research exists, especially for technology-supported personalized learning analyzed as a whole-school approach. The existing body of research is partly inconsistent, which is probably due to differences in teaching and learning quality. However, there is preliminary evidence that technology-supported personalized learning—implemented in a qualitatively satisfying way—has a moderate positive effect on educational outcomes (Lee et al., 2021; Van Schoors et al., 2021; Zhang et al., 2020). Since the quality of instruction is crucial with regard to student outcomes (Baumert et al., 2010; Creemers & Kyriakides, 2008; Decristan et al., 2015; Fauth et al., 2014; Hattie, 2009; Lipowsky et al., 2009), it seems beneficial to analyze the impact of technology-supported personalized learning on instructional quality.

Effects of technology-supported personalized learning approaches on instructional quality

There exist several frameworks on instructional quality with large overlaps (e.g., Pianta & Hamre, 2009; Praetorius et al., 2018; Roloff et al., 2020; Seidel & Shavelson, 2007). In Europe, especially in the German-speaking countries, a three-component framework has been established. The so-called three basic dimensions, namely *cognitive activation*, *supportive climate*, and *classroom management*, are often used in empirical analysis to define and operationalize the quality of instruction (e.g., Fauth et al., 2014; Klieme et al., 2001; Lipowsky et al., 2009). Although the three dimensions were originally identified in mathematics education with

traditional learning settings based on the large-scale study TIMSS 1995 (Third International Mathematics and Science Study), the conceptualization of the dimensions in terms of content is largely subject-independent and not related to the method of instruction.

Despite ample research on the three dimensions of instructional quality and their impact on student outcomes, empirical research on the relationship between technology-supported personalized learning approaches and instructional quality is absent. When considering the research on the three generic dimensions of instructional quality, the following impact of technology-supported personalized learning on the three dimensions can be assumed:

The first dimension, *cognitive activation*, involves providing tasks and questions that require students to activate their prior knowledge and use it to access new content. In cognitively challenging instruction, the teacher asks students, for example, to elaborate on their way of thinking or to relate statements in discussions. Enhancing a deep understanding of the concepts is a continual focus (e.g., Baumert et al., 2010; Fauth et al., 2014; Klieme et al., 2009; Lipowsky et al., 2009; Praetorius et al., 2018). It can be assumed that technology-supported personalized learning enhances cognitive activation, since the individual levels of each student, such as prior knowledge or interests, can be better taken into account than in traditional learning settings (e.g., Walkington, 2013). This allows deep learning to occur at different levels, as we have described in the first section of this literature review.

To achieve the goal of deep understanding, students need a supportive environment in addition to cognitively challenging learning activities. This second dimension of *supportive climate* covers appropriate teacher support for comprehension problems of students and a high level of teacher sensitivity regarding the individual needs of students. A positive teacher–student interaction enables the creation of a supportive environment in which students can feel safe (e.g., Fauth et al., 2014; Lipowsky et al., 2009; Praetorius et al., 2018). It can be assumed that teacher support increases in computer-supported personalized learning. By opening up instruction with transfer of control to students, digital tools are often implemented to manage the personalized learning plans. Thereby the individual processing status of each student and their problems with tasks becomes visible at an early stage (e.g., Reigeluth, 2017). Due to this technological support, teachers obtain more indications on diagnostics, and thus students receive the individual teacher support that they need during the self-directed learning phases. Further, some students will need more help and guidance to be able to solve their tasks individually on the computer than in traditional learning settings (e.g., Lazonder & Harmsen, 2016).

The third dimension represents the *classroom management*. The focus here is on managing the lesson effectively to ensure that as few disruptions as possible occur. Teachers must ensure that students are on-task, and thus all students use the available time of class for learning. An effective use of the teaching time requires a high clarity of rules, monitoring students' behavior, and enforcing the rules when

necessary (e.g., Emmer & Stough, 2001; Kounin, 1970; Pianta & Hamre, 2009). Although good classroom management is crucial for students' learning gains, technology-supported personalized learning, for example, does not facilitate the clarity of rules. Since the complexity of personalized learning settings supported with students' co-determination tends to increase, but so does the potential to use the learning time effectively, no positive reinforcement of technology-supported personalized learning on classroom management is assumed.

These three dimensions of instructional quality represent a parsimonious but relatively comprehensive systematization of the teaching and learning processes that can be observed in the classroom (Klieme, 2019; Kunter & Ewald, 2016). However, empirical clarification is needed to verify the assumptions of whether student-centered teaching methods and students' voice and choice in technology-supported personalized learning correlate positively with the quality of instruction.

Research questions

To address the dearth of research as presented in the previous section, the present study investigated implemented technology-supported approaches of personalized learning combined with instructional quality (i.e., the three subdimensions of cognitive activation, supportive climate, and classroom management). The purpose of the study is to consider the dimensions *student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning* (TEME) and *students' voice and choice in technology supported personalized learning* (VOCH) and whether these dimensions have a positive impact on the instructional quality operationalized by the three subdimensions.

Taking account of the current state of the research so far, which we have described in the previous section, we will investigate the following three research questions:

(RQ1) Are *student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning* (TEME) and *students' voice and choice in technology-supported personalized learning* (VOCH) statistically significant positive predictors of cognitive activation, (RQ2) and of supportive climate based on students' assessments?

(RQ3) Do *student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning* (TEME) and *students' voice and choice in technology-supported personalized learning* (VOCH) influence classroom management based on students' assessments?

The proposed theoretical assumptions are visualized in Figure 1.

Methodology

Contextualization of the study

A growing number of Swiss schools have been changing their culture of teaching and learning by implementing a form of personalized learning. The perLen ("Personalized

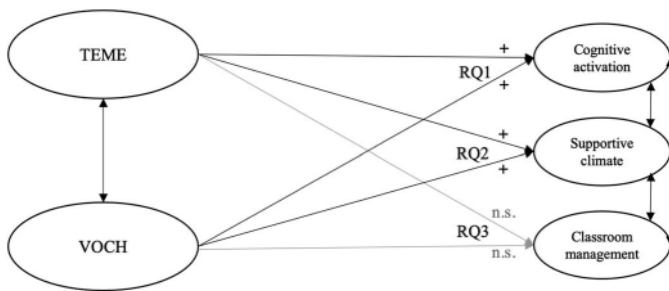


Figure 1. Hypothesized structural equation model.

Note. TEME = Student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning, VOCH = Students' voice and choice in technology-supported personalized learning

Learning Concepts in Heterogeneous Learning Groups") research project investigated such schools in the German-speaking part of Switzerland over three years (2013–2015) (Stebler et al., 2018). Our present study formed part of this project.

Although the implementation of personalized learning inevitably differs between the 31 participating lower-secondary schools, there is sufficient evidence for common characteristics. All schools have developed their teaching in the following areas: student-centered teaching methods, self-directed learning, and adaptive learner support. For this purpose, they have rescheduled their weekly lesson plans and integrated time slots for autonomous student learning. During these self-directed learning phases, students follow a personal learning plan, whereby they typically have more choice and voice concerning what, how, and when they learn than in traditional classroom settings. As a consequence, the role of the teachers primarily consists in supporting. Many students have one-on-one meetings with their teacher to discuss difficulties and the general workflow of the self-directed learning phases. Finally, all schools developed their teaching culture in a bottom-up initiative, mostly with the aim of better catering to heterogeneous groups of students.

Regarding the use of digital technology, computers and sometimes laptops with internet access are available in the open learning space. Although the frequency and method of implementation varies widely, students use computers for individual learning tasks, especially during the self-directed learning phases. Due to the limited infrastructure, teachers sometimes specify for which assignments the computer may be used. In addition to word processing and presentation programs, subject-specific learning software is also used, which is developed together with newer mandatory teaching materials, e.g., in mathematics. Particularly in vocational education, a specific online platform named *yousty* is perceived as a great added value. Adaptive technologies, on the other hand, are hardly implemented yet. However, many schools employ a learning platform to administer personalized learning plans. A detailed description on the integration of the different technological tools is provided in the multiple case studies from Schmid et al. (2022).

Ethical considerations

The data collection of the present study has been conducted following the ethical requirements established by the Swiss Academies of Arts and Sciences. Consequently, all data analyses were conducted based on anonymous data.

Sample

This cross-sectional study is based on a student survey in schools that have introduced personalized learning concepts. The analysis relates to the $N=31$ lower-secondary schools with $N=1017$ 8th-grade students (486 female, 531 male students) from 78 classes. Only students who reported using technology in class at least sometimes were asked about their user behavior in more detail. Therefore, we excluded students with non-answers. The final data set consisted of $N=860$ students. 48.7% (419) were female students. The median of the students' year of age was fourteen, with an interquartile range of six years.

All 31 schools were recruited by an open call for schools with personalized learning concepts or had been invited because of recommendations from Swiss municipal and cantonal education departments. Participation was voluntary. The sample cannot be considered representative; however, all schools have been developing their teaching in the direction of personalization. A more detailed description of the common characteristics of personalized learning that become manifest in these schools is available from Schmid and Petko (2019).

Data collection and study measures

To answer our research questions, we surveyed students to gain direct insight into how the technology-supported personalized learning units are implemented. The self-estimated frequency of personalized learning activities supported by technology, together with the perceived instructional quality based on the three subdimensions were assessed via standardized online questionnaires, which took place during regular lessons. This student questionnaire was part of the survey in 2013 of the *perLen* project and had been devised on the basis of existing instruments.

Instructional quality was assessed with ten items (IQUAL) and consisted of three subdimensions: classroom management (3 items, e.g., "In class, everyone knows the rules that must be followed."), cognitive activation (3 items, e.g., "My teachers want me to be able to explain my answers."), and supportive climate (4 items, e.g., "My teachers know what I'm already good at."). The short scales were developed on the basis of the inventory of Bos et al. (2011) and Fauth et al. (2014). All items were assessed on a 4-point Likert-type scale, ranging from 1 (*strongly disagree*) to 4 (*strongly agree*). All questions used for instructional quality are documented in the Appendix.

Regarding the validity of instructional quality, Fauth et al. (2014) assessed the factorial validity and the predictive power of the student ratings of the instructional quality.

The results provided evidence for a valid three-dimensional framework of instructional quality. In addition to Fauth et al. (2014), Praetorius et al. (2018) reported that various studies could confirm the factorial validity of the three subscales on teaching quality.

The construction of the latent independent variables *student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning* (TEME, 3 items, e.g., “I work with my weekly or daily learning plan on the computer.”) and *students’ voice and choice in technology-supported personalized learning* (VOCH, 3 items, e.g., “I decide the procedure on the computer myself.”) was grounded in theory and is based on Schmid and Petko (2019). All items were assessed on a 4-point Likert-type scale (*almost daily*, 1 to 2 times per week, 1 to 2 times per month, *almost never*). All questions used for technology-supported personalized learning are documented in the [Appendix](#).

Data analysis

To answer our research questions, we employed a structural equation modeling approach with latent variables (Kline, 2015; Schreiber et al., 2006). Before modeling the structural equation model, we tested the measurement model *instructional quality* besides the two theory-based factors of personalized learning with confirmatory factor analysis and tested their reliability estimates with McDonald’s omega (ω) (Hayes & Coutts, 2020). To evaluate the fit of the confirmatory factor models and the structural equation model, we examined the typical goodness-of-fit indices. As typical indices, we report χ^2 values, the comparative fit index (CFI) and Tucker–Lewis index (TLI) with minimum cutoff criteria of $\geq .90$ or $.95$, the root mean square error of approximation (RMSEA) $\leq .05$ or $.08$, and the standardized root mean square residual (SRMR) $\leq .08$ or $.06$ (Hu & Bentler, 1999).

The measurements of the structural equation model were estimated by using the robust maximum likelihood (MLR) method to consider possible non-normality problems, and missing patterns were treated with a full information maximum likelihood (FIML) approach. Although there might have been little variance between the schools, it was not possible to apply multilevel modeling. The sample consisted of too few schools relative to the number of parameters. However, the intraclass correlation coefficients of the dependent variables were relatively low ($\rho = 0.04$ – 0.28), and thus the multilevel approach was not necessarily required. All analyses were carried out with R version 4.0.2 and the packages *lavaan*, *lavaan.survey*, and *psych* (Beaujean, 2014; Revelle, 2017; Rosseel, 2012).

Results

Descriptive analysis

The internal consistencies, means, standard deviations, and intercorrelations of the independent key variables (TEME and VOCH) and instructional quality including all three subdimensions (IQUAL) are shown in [Table 1](#). The

reliabilities of the presented scales were acceptable to good with McDonald’s ω from $.68$ for student-centered teaching methods in computer-supported personalized learning to $.82$ for students’ voice and choice in computer-supported personalized learning. On average, students reported using digital technology monthly for learning plans or project work (TEME, $M = 2.10$, $SD = 0.77$). On a nearly weekly basis on average, students stated that they can determine their procedure, time management, and learning content on the computer (VOCH, $M = 2.87$, $SD = 0.81$). Further, students agree to receive learning support in completing demanding tasks and to adhere the rules in class (IQUAL, $M = 3.27$, $SD = 0.35$). All intercorrelations of the variables were positive and statistically significant.

First, we examined the two factors of personalized learning, namely student-centered teaching methods in computer-supported personalized learning (TEME) and students’ voice and choice in computer-supported personalized learning (VOCH) as latent and correlated factors by a confirmatory factor analysis. The results showed a very good fit to the data ($\chi^2(7) = 26.656$, CFI = $.98$, TLI = $.96$, RMSEA = $.057$, SRMR = $.028$). Thus, this two-factor model represented the data well.

In a second step, we examined *instructional quality* modeled by three latent factors: *classroom management*, *cognitive activation*, and *supportive climate*. The confirmatory factor analysis confirmed the measure model with good fit values whereby no modifications were needed ($\chi^2(32) = 61.483$, CFI = $.98$, TLI = $.97$, RMSEA = $.03$, SRMR = $.03$). The subdimensions of cognitive activation (3 items, McDonald’s $\omega = .64$) and supportive climate (4 items, McDonald’s $\omega = .72$) showed acceptable reliabilities. However, the reliability of the classroom management subscale, operationalized by three items, was not sufficient (McDonald’s $\omega < .6$). To improve the reliability by a deletion of an item was not possible. Nevertheless, classroom management is an essential aspect of instructional quality for crafting validity, as it establishes the internal structure of the theoretical construct (Fauth et al., 2014). Based on the evidence, and to better understand the influences on instructional quality, we have analyzed the three subdimensions in the structural equation model as latent factors in a differentiated way. However, the results of the classroom management subdimension must be interpreted with caution.

Structural equation modeling

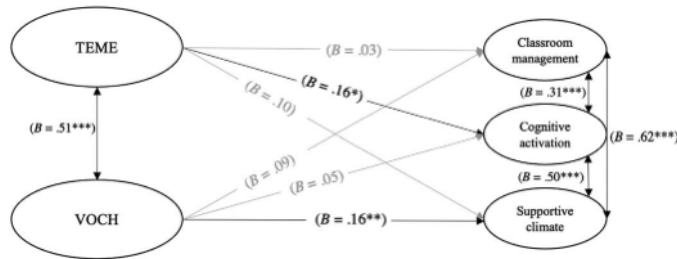
To examine our proposed theoretical assumptions presented in [Figure 1](#)—the impact of the two important aspects of computer-supported personalized learning TEME and VOCH on the three sub-dimensions of instructional quality—we specified a structural equation model with the previous tested measurement models (see previous section). The model considered TEME and VOCH as correlated predictors of the subdimensions of instructional quality as dependent variables (see [Figure 2](#)). The structural equation model exhibited a good fit to the data and no modification indices

Table 1. Internal consistencies, means, standard deviations, and intercorrelations of the independent key variables and instructional quality.

Variable	McDonald's ω	Mean (SD)	1	2	3
1 TEME	.68	2.10 (0.77)	–		
2 VOCH	.82	2.87 (0.81)	.38***	–	
3 IQUAL	.76	3.27 (0.35)	.13***	.14***	–

Note. $N=860$. Reported coefficients are product-moment correlations; *** $p \leq .001$.

TEME = Student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning; 1 = (almost) never – 4 = (almost) every day; VOCH = Students' voice and choice in technology-supported personalized learning; 1 = (almost) never – 4 = (almost) every day; IQUAL = Instructional quality; 1 = totally disagree – 4 = totally agree.

**Figure 2.** Structural equation model describing TEME and VOCH as predictors of the three subscales of instructional quality.

Note. $N=860$; fit values: $\chi^2(91) = 154.896$, CFI = .96, TLI = .95, RMSEA = .03, SRMR = .03; *** $p \leq .001$. TEME = Student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning, VOCH = Students' voice and choice in technology-supported personalized learning.

were needed ($\chi^2(91) = 154.896$, CFI = .96, TLI = .95, RMSEA = .03, SRMR = .03).

In regard to the structural equation model, both factors of technology-supported personalized learning had a statistically significant impact on one subdimension of instructional quality (see Figure 2). VOCH had a statistically significant, though moderate, positive effect on the supportive climate ($\beta = .16$, $SE = 0.03$, $p < 0.01$) and did not correlate with the other subdimensions. TEME was a positive predictor of students' cognitive activation ($\beta = .16$, $SE = 0.03$, $p < 0.05$). The impact of TEME on the other subdimensions of instructional quality was close to zero and not statistically significant. The regression coefficient of VOCH on supportive climate had a higher level of significance than TEME on cognitive activation. All subdimensions of instructional quality were highly statistically significantly and positively correlated. At the same time, the relation between the two aspects of technology-supported personalized learning TEME and VOCH was strongly positive and statistically significant ($\beta = .51$, $SE = 0.03$, $p < 0.001$).

Discussion

Technology-supported personalized learning as a whole-school approach has been often proposed as beneficial for educational outcomes from a theoretical perspective; however, empirical evidence is still in its infancy (Lee et al., 2021; Shemshack & Spector, 2020; Zhang et al., 2020). Due to the need for more evidence in this area of empirical research, our study looked at the correlation between technology-supported personalized learning and the quality of instruction perceived by the students based on three subdimensions. To operationalize the multilayered construct

of technology-supported personalized learning, we have focused on two dimensions, *student-centered teaching methods* and *students' voice and choice* in technology-supported personalized learning.

The analyses have shown that both dimensions influence statistically significantly positive one subdimension of instructional quality; student-centered teaching methods in technology-supported personalized learning stimulate the cognitive activation of the students in tendency ($B = .16$, $p \leq 0.05$), and the supportive climate increases slightly with a higher degree of students' voice and choice on the computer ($B = .16$, $p \leq 0.01$). However, both effect sizes are moderate. All other effects of technology-supported personalized learning on the sub-dimensions of instructional quality are negligible and do not reveal significance. In contrast, the two dimensions of technology-supported personalized learning are strongly correlated ($B = .62$, $p \leq 0.001$); student-centered teaching methods are therefore closely linked to students' voice and choice in technology-supported personalized learning, and vice versa.

Regarding our third research question, technology-supported personalized learning, as we proposed, does not lead to perceived higher quality of classroom management (RQ3). This seems to be conclusive, as the teacher may need to demand the desired behavior of the students in technology-supported personalized learning settings as well as in traditional forms of teaching to ensure an effective use of learning time (Klieme, 2019; Kounin, 1970). The complexity of personalized learning settings supported with students' co-determination even tends to increase, especially during the self-directed learning phases. Thus, the classroom management becomes more demanding, although the computer-supported personalized learning favors an effective learning time (Gross et al., 2018; Lee et al., 2021; Postholm, 2013).

When looking at cognitive activation, we expected an increase, which is partly supported by our data (RQ1). With student-centered teaching methods supported by technology, teachers tend to succeed in assigning cognitively challenging tasks that stimulate each student in deeper thinking and understanding ($B = .16$, $p \leq 0.5$). This result is in line with existing research that shows student-centered learning environments can foster cognitive aspects in learning, provided adequate teacher guidance (Freeman et al., 2014; Lazonder & Harmsen, 2016). Further, the integration of digital technology can help to provide individual challenging tasks (Reigeluth, 2017). Previous findings of international studies have shown that students use digital technology more frequently in student-centered learning environments compared to conventional learning settings (OECD, 2015;

Schmid & Petko, 2019; Tondeur et al., 2017). However, it is not the frequency of technology use that is decisive but a qualitative way of implementation, which these data confirm with regard to the mere monthly use of technology in student-centered learning environments (TEME, $M=2.10$, $SD=0.77$). Hence, qualitative integration of technology seems to succeed on average in student-centered personalized learning settings, at least in this sample. Contrary to our assumption, students' voice and choice on the computer does not have a statistically significant impact on cognitive activation. A possible explanation could be that students' co-determination has a positive effect mainly on motivational aspects (Garn & Jolly, 2014; Walkington & Bernacki, 2018) and thus only an indirect influence on cognitive activation. Furthermore, the study does not analyze in which way students' voice and choice on the computer is made possible, nor whether it takes place on a very small scale, as is partly shown in studies on personalized learning (Gross et al., 2018; Schmid et al., 2022).

When it comes to supportive climate (RQ2), only students' voice and choice has a statistically significantly positive impact with small effect size ($B = .16$, $p \leq 0.01$). If teachers give the students more freedom to determine the what, when, and how of their technology-supported learning within the curricular requirements, students experience more learning support and a better assessment of their learning level by the teachers. This indicates an improved skill support but also a better learning support on a social-emotional level that can lead to better student outcomes (Cornelius-White, 2007; Freeman et al., 2014). However, contradictory to our second assumption, student-centered teaching methods supported by technology have no statistically significant effect on the supportive climate. This is a surprising result, but it could be related to the low frequency of student-centered teaching methods supported by technology as it is shown in the descriptive analysis (TEME, $M=2.10$, $SD=0.77$). Thus, it could be assumed that the use of technology in student-centered learning environments needs to exceed a certain threshold in order to produce measurable and statistically significant effects. For example, findings of international studies show in tendency higher effects on student skills in countries that are characterized by a high extent of technology use in class (Bos et al., 2014; Eickelmann et al., 2014).

In addition to the presented findings, certain limitations of the study should be mentioned. First, the independent variables of technology-supported personalized learning (TEME, VOCH) and the three dependent variables of instructional quality are based on student questionnaires and thus purely measured by self-reports, which is a method often criticized (Chan, 2009). However, a research and literature review based on studies of 50 years has shown that students' ratings of instructional quality can be applied reliably and validly in primary and higher education (Benton & Cashin, 2014; Fauth et al., 2014). The McDonald's Omega coefficients of the scales used confirm this with good values, except for the dimension of classroom management. Consequently, the results focusing on this subdimension (RQ3) are limited in their

explanatory power. The reliabilities of cognitive activation (McDonald's $\omega = .64$) and supportive climate (McDonald's $\omega = .72$) could potentially be even improved by including more items in the short scales. This was not possible in the present study due to the comprehensive online-survey. The merely acceptable reliability of the student-centered teaching method might be explained by the fact that the implementations vary across schools and therefore students evaluate the questions differently (TEME, McDonald's $\omega = .68$). However, this always has to be taken into account when interpreting the results, especially in explorative studies. For the purpose of gaining insights into the instructional processes and quality of technology implementation that contribute statistically significantly to the interplay between technology-supported personalized learning and instructional quality, however, future research should seek to triangulate students' self-reports with video analysis rated by neutral observers for more detailed analysis (Pianta & Hamre, 2009).

Another point to consider is that our cross-sectional study lacks the data on standardized performance necessary for examining the development of student outcomes being impacted by technology-supported personalized learning approaches. However, the instructional quality is considered a pivotal and modifiable factor influencing student outcomes (Hattie, 2009). Thus, the examination of the instructional quality in a cross-sectional design constitutes a first step. In a second step, further longitudinal research studies should include performance tests and a larger sample to justice the multilevel structure that could contribute to a better understanding of the impact of technology-supported personalized learning on student outcomes.

Finally, it should be noted that the sample represents only a portion of innovative schools in Switzerland with their own understandings of technology-supported personalized learning, and the results are strongly influenced by the specific national education system.

Keeping these limitations in mind, the results of our study extend the current state of research that includes very limited studies examining technology-supported personalized learning in relation to instructional quality and student outcomes (Lee et al., 2021; Shemshack & Spector, 2020; Zhang et al., 2020). The few empirical studies that exist represent almost exclusively the English-speaking areas (Bingham et al., 2018; Gross et al., 2018; Underwood et al., 2007; Zhang et al., 2020). Thus, this exploratory study from Switzerland complements the fragmentary body of previous research by providing a first insight into the relationship between technology-supported personalized learning and instructional quality in the German-speaking context. Further, this explorative study takes up the challenge of examining the multidimensional approach *personalized learning* with no general accepted definition and sheds light on two dimensions of technology-supported personalized learning as a whole-school approach: (1) student-centered teaching methods and (2) students' voice and choice. In this way, the present study contributes to the existing body of research by adding further empirical findings of clearly defined dimensions of technology-supported personalized learning

as a whole-school approach to the initially pre-dominantly theoretical discourse (Attwell, 2007; Bray & McClaskey, 2015; Keefe, 2007).

Conclusion

The schools of our sample indicate that student-centered teaching methods and students' voice and choice in technology-supported personalized learning have the potential to improve two dimensions of the instructional quality. Implementing student-centered teaching methods supported by technology in class can help to cognitively activate students. Further, if the teacher gives the students the freedom to co-determine the content, the procedure, and the temporal aspects of their learning processes supported by technology, the students might feel better supported individually, which can foster their learning motivation. The emergency remote teaching during the pandemic also clearly showed how important it is for the students to feel well supported. Current findings on school lockdowns indicate that certain students encountered insufficient learning support by the teachers (Kurtz, 2020). In particular, students with fewer self-regulation skills emerged from the pandemic with a loss of learning (Blaskó et al., 2021; Maldonado & De Witte, 2022). Therefore, it is important to build up the necessary self-regulation skills as well as digital skills in technology-supported personalized learning. In addition, the results of this study, such as the rather low frequency of student-centered teaching methods supported by technology, need to be followed up, especially in light of the fact that media and information technology have been given greater importance by the new curricula for primary and secondary education in Switzerland.

Declaration of interest statement

None of the authors have conflicts of interest to declare with regard to the research that is presented in this manuscript or its funding.

Funding

This work was supported by the Mercator Foundation under Grant 2011-0244.

ORCID

Regina Schmid  <http://orcid.org/0000-0001-6001-2060>
Dominik Petko  <http://orcid.org/0000-0003-1569-1302>

References

Arroyo, I., Woolf, B. P., Burelson, W., Muldner, K., Rai, D., & Tai, M. (2014). A multimedia adaptive tutoring system for mathematics that addresses cognition, metacognition and affect. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4), 387–426. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0023-y>

- Attwell, G. (2007). Personal learning environments—The future of eLearning? *ELearning Papers*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.1080/19415257.2011.643130>
- Basham, J. D., Hall, T. E., Carter, R. A., & Stahl, W. M. (2016). An operationalized understanding of personalized learning. *Journal of Special Education Technology*, 31(3), 126–136. <https://doi.org/10.1177/0162643416660835>
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Beaujean, A. A. (2014). *Latent variable modeling using R: A step-by-step guide*. Routledge.
- Benton, S. L., & Cashin, W. E. (2014). Student ratings of instruction in college and university courses. In M. B. Paulsen (Ed.), *Higher education: Handbook of theory and research* (Vol. 29, pp. 279–326). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8005-6_7
- Bingham, A. J., Pane, J. F., Steiner, E. D., & Hamilton, L. S. (2018). Ahead of the curve: Implementation challenges in personalized learning school models. *Educational Policy*, 32(3), 454–489. <https://doi.org/10.1177/0895904816637688>
- Blaskó, Z., da Costa, P., & Schnepf, S. V. (2021). *Learning loss and educational inequalities in Europe: Mapping the potential consequences of the Covid-19 crisis*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3833230>
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Schulz-Zander, R., & Wendt, H. (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich [ICILS 2013. Computer and information-related competencies of students in grade 8 in international comparison]*. Waxmann.
- Bos, W., Strietholt, R., Goy, M., Stubbe, T. C., Tarelli, I., & Hornberg, S. (2011). *IGLU 2006: Dokumentation der Erhebungsinstrumente [IGLU 2006: Documentation of survey instruments]*. Waxmann.
- Bray, B., & McClaskey, K. (2015). *Make learning personal: The what, who, wow, where, and why*. Sage.
- Chan, D. (2009). So why ask me? Are self-report data really that bad? In C. E. Lance & R. J. Vandenberg (Eds.), *Statistical and methodological myths and urban legends: Doctrine, verity and fable in the organizational and social sciences* (pp. 309–336). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Cornelius-White, J. (2007). Learner-centered teacher-student relationships are effective: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 77(1), 113–143. <https://doi.org/10.3102/003465430298563>
- Creemers, B., & Kyriakides, L. (2008). *The dynamics of educational effectiveness: A contribution to policy, practice and theory in contemporary schools*. Routledge.
- Crow, T., Luxton-Reilly, A., & Wuensche, B. (2018). *Intelligent tutoring systems for programming education: A systematic review [Paper presentation]*. Proceedings of the 20th Australasian Computing Education Conference (pp. 53–62). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3160489.3160492>
- Decristan, J., Klieme, E., Kunter, M., Hochweber, J., Büttner, G., Fauth, B., Hondrich, A. L., Rieser, S., Hertel, S., & Hardy, I. (2015). Embedded formative assessment and classroom process quality: How do they interact in promoting science understanding? *American Educational Research Journal*, 52(6), 1133–1159. <https://doi.org/10.3102/0002831215596412>
- DeMink-Carthew, J., & Netcoh, S. (2019). Mixed feelings about choice: Exploring variation in middle school student experiences with making choices in a personalized learning project. *RMLE Online*, 42(10), 1–20. <https://doi.org/10.1080/19404476.2019.1693480>
- Department for Education and Skills, Great Britain (DfES). (2004). *Five year strategy for children and learners*. Retrieved July 20, 2021, from https://dera.ioe.ac.uk/4886/7/DfES5Yearstrategy_Redacted.pdf
- Drexler, W. (2010). The networked student model for construction of personal learning environments: Balancing teacher control and student autonomy. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(3), 369–385. <https://doi.org/10.14742/ajet.1081>
- Eickelmann, B., Schaumburg, H., Drossel, K., & Lorenz, R. (2014). *Schulische Nutzung von neuen Technologien in Deutschland im*

- internationalen Vergleich. In W. Bos, B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, R. Schulz-Zander, und H. Wendt (Eds.), *ICILS 2013 – Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich [ICILS 2013 – Computer and information-related competencies of 8th grade students in international comparison]* (pp. 197–229). Waxmann.
- Emmer, E. T., & Stough, L. M. (2001). Classroom management: A critical part of educational psychology, with implications for teacher education. *Educational Psychologist*, 36(2), 103–112. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3602_5
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423–435. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001>
- Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E., & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. *Learning and Instruction*, 29, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.07.001>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Garn, A. C., & Jolly, J. L. (2014). High ability students' voice on learning motivation. *Journal of Advanced Academics*, 25(1), 7–24. <https://doi.org/10.1177/1932202X13513262>
- Gierl, M., Bulut, O., & Zhang, X. (2018). Using computerized formative testing to support personalized learning in higher education. In R. Zheng (Ed.), *Digital technologies and instructional design for personalized learning* (pp. 99–119). IGI Global.
- Gross, B., Tuchmann, S., & Patrick, S. (2018). A national landscape scan of personalized learning in K–12 education in the United States. iNACOL.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hayes, A. F., & Coutts, J. J. (2020). Use omega rather than Cronbach's alpha for estimating reliability. But.... *Communication Methods and Measures*, 14(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629>
- Hermans, R., Tondeur, J., van Braak, J., & Valcke, M. (2008). The impact of primary school teachers' educational beliefs on the classroom use of computers. *Computers & Education*, 51(4), 1499–1509.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Jones, M., & McLean, K. (2012). Personalising learning in teacher education through the use of technology. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 37(1), 75–92.
- Keefe, J. W. (2007). What is personalization? *Phi Delta Kappan*, 89(3), 217–223. <https://doi.org/10.1177/003172170708900312>
- Klieme, E. (2019). Unterrichtsqualität. In M. R. Harring (Ed.), *Handbuch Schulpädagogik [Handbook of school pedagogy]* (pp. 393–408). Waxmann.
- Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study. Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. S. Janik (Ed.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (pp. 137–160). Waxmann. <http://www.ciando.com/ebook/bid-40151>
- Klieme, E., Schümer, G., & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung. In E. Klieme & J. Baumert (Eds.), *TIMSS– Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente [TIMSS– impulses for schools and instruction. Research findings, reform initiatives, practice reports and video documents]* (pp. 43–57). Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications.
- Kounin, J. S. (1970). Observing and delineating technique of managing behavior in classrooms. *Journal of Research and Development in Education*, 4(1), 62–67.
- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
- Kunter, M., & Ewald, S. (2016). Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. In N. B. McElvany (Ed.), *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts [Conditions and effects of good teaching]* (pp. 9–31). Waxmann. <http://www.ciando.com/ebook/bid-2098859>
- Kurtz, H. (2020, April 10). National survey tracks impact of coronavirus on schools: 10 key findings. *Education Week*. <https://www.edweek.org/ew/articles/2020/04/10/national-survey-tracks-impact-of-coronavirus-on.html>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lee, D., Huh, Y., Lin, C.-Y., & Reigeluth, C. M. (2018). Technology functions for personalized learning in learner-centered schools. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1269–1302. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9615-9>
- Lee, D., Huh, Y., Lin, C.-Y., Reigeluth, C. M., & Lee, E. (2021). Differences in personalized learning practice and technology use in high- and low-performing learner-centered schools in the United States. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 1221–1245. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09937-y>
- Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19(6), 527–537. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001>
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901–918. <https://doi.org/10.1037/a0037123>
- Maldonado, J. E., & De Witte, K. (2022). The effect of school closures on standardised student test outcomes. *British Educational Research Journal*, 48(1), 49–94. <https://doi.org/10.1002/berj.3754>
- McLoughlin, C., & Lee, M. J. W. (2010). Personalised and self regulated learning in the Web 2.0 era: International exemplars of innovative pedagogy using social software. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), 28–43. <https://doi.org/10.14742/ajet.1100>
- Miliband, D. (2006). Choice and voice in personalised learning. In M. Murphy, S. Redding, & J. S. Twyman (Eds.), *Personalising education. Schooling for tomorrow* (pp. 21–30). OECD Publishing.
- Mötteli, C., Grob, U., Pauli, C., Reusser, K., & Stebler, R. (2021). Choice and voice from the students' point of view in schools with personalised learning environments. *Unterrichtswissenschaft*, 50, 287–308. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00122-x>
- Murphy, M., Redding, S., & Twyman, J. S. (2016). *Handbook on personalized learning for states, districts, and schools*. Center for Innovations in Learning.
- Niederhauser, D. S., Howard, S. K., Voogt, J., Agyei, D. D., Laferriere, T., Tondeur, J., & Cox, M. J. (2018). Sustainability and scalability in educational technology initiatives: Research-informed practice. *Technology, Knowledge and Learning*, 23(3), 507–523. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9382-z>
- OECD. (2015). *Students, computers and learning: Making the connection*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., Hamilton, L. S., & Pane, J. D. (2017). *Informing progress: Insights on personalized learning implementation and effects*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR2042>
- Petko, D., Schmid, R., Pauli, C., Stebler, R., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien: Neue Potenziale zur Gestaltung schülerorientierter Lehr- und Lernumgebungen [Personalized learning with digital technology: New potentials for the design of student-oriented teaching and learning environments]. *Journal für Schulentwicklung*, 3(17), 31–39.

- Petko, D. (2012). Teachers' pedagogical beliefs and their use of digital media in classrooms: Sharpening the focus of the 'will, skill, tool' model and integrating teachers' constructivist orientations. *Computers & Education*, 58(4), 1351–1359. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.013>
- Pianta, R. C., & Hamre, B. K. (2009). Conceptualization, measurement, and improvement of classroom processes: Standardized observation can leverage capacity. *Educational Researcher*, 38(2), 109–119. <https://doi.org/10.3102/0013189X09332374>
- Postholm, M. B. (2013). Classroom management: What does research tell us? *European Educational Research Journal*, 12(3), 389–402. <https://doi.org/10.2304/eejr.2013.12.3.389>
- Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B., & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM*, 50(3), 407–426. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4>
- Reigeluth, C. (2017). Designing technology for the learner-centered paradigm of education. In C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.), *Instructional-design theories and models, Volume IV: The learner-centered paradigm of education* (Vol. 4, pp. 287–316). Routledge.
- Reigeluth, C. M., Myers, R. D., & Lee, D. (2017). The learner-centered paradigm of education. In C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.), *Instructional-design theories and models, Volume IV* (Vol. 4, pp. 21–48). Routledge.
- Revelle, W. (2017). *Psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research*. CRAN. Retrieved September 10, 2021, from <https://CRAN.R-project.org/package=psych/>
- Roloff, J., Klusmann, U., Lüdtke, O., & Trautwein, U. (2020). The predictive validity of teachers' personality, cognitive and academic abilities at the end of high school on instructional quality in Germany: A longitudinal study. *AERA Open*, 6(1), 233285841989788. <https://doi.org/10.1177/2332858419897884>
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling and more. Version 0.5–12 (BETA). *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>
- Schmid, R., Pauli, C., & Petko, D. (2022). Examining the use of technology in schools with a school-wide approach to personalized learning [Article submitted for publication]. University of Freiburg.
- Schmid, R., & Petko, D. (2019). Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students? *Computers & Education*, 136, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.006>
- Schreiber, J. B., Nora, A., Stage, F. K., Barlow, E. A., & King, J. (2006). Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. *The Journal of Educational Research*, 99(6), 323–338. <https://doi.org/10.3200/JOER.99.6.323-338>
- Sebba, J., Brown, N., Steward, S., Galton, M., & James, M. (2007). *An investigation of personalised learning approaches used by schools*. DfES Publications.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Shemshack, A., & Spector, J. M. (2020). A systematic literature review of personalized learning terms. *Smart Learning Environments*, 7(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00140-9>
- Stebler, R., Pauli, C., & Reusser, K. (2018). Personalisiertes Lernen—Zur Analyse eines Bildungsschlagwortes und erste Ergebnisse aus der perLen-studie [Personalized learning—Analysis of an educational keyword and first results from the perLen study]. *Zeitschrift für Pädagogik*, 2(64), 159–178.
- Sweller, J., Kirschner, P. A., & Clark, R. E. (2007). Why minimally guided teaching techniques do not work: A reply to commentaries. *Educational Psychologist*, 42(2), 115–121. <https://doi.org/10.1080/00461520701263426>
- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Erratum to: Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: A systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 577–577. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9492-z>
- Underwood, J., Baguley, T., Banyard, P., Coyne, E., Farrington-Flint, L., & Selwood, I. (2007). *Impact 2007: Personalising learning with technology*. Becta.
- Van Schoors, R., Elen, J., Raes, A., & Depaepe, F. (2021). An overview of 25 years of research on digital personalised learning in primary and secondary education: A systematic review of conceptual and methodological trends. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1798–1725. <https://doi.org/10.1111/bjet.13148>
- Walkington, C. A. (2013). Using adaptive learning technologies to personalize instruction to student interests: The impact of relevant contexts on performance and learning outcomes. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 932–945. <https://doi.org/10.1037/a0031882>
- Walkington, C., & Bernacki, M. L. (2018). Personalization of instruction: Design dimensions and implications for cognition. *The Journal of Experimental Education*, 86(1), 50–68. <https://doi.org/10.1080/00220973.2017.1380590>
- Watson, W. R., & Watson, S. L. (2017). Principles for personalized instruction. In C. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.), *Instructional-design theories and models, Volume IV: The learner-centered paradigm of education* (Vol. 4, pp. 87–108). Routledge.
- Zhang, L., Basham, J. D., & Yang, S. (2020). Understanding the implementation of personalized learning: A research synthesis. *Educational Research Review*, 31, 100339. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100339>
- Zhang, L., Yang, S., & Carter, R. A. (2020). Personalized learning and ESSA: What we know and where we go. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 253–274. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728448>

Appendix

Survey Results From Student Questionnaires

Table A1. Student-centered teaching methods in computer-supported personalized learning [TEME] based on Schmid and Petko (2019).

How often are you doing the following classroom activities on the computer?	Median	Mean	SD
I work in the learning atelier on the computer.	2	2.32	1.05
I work on the computer with my weekly schedule, study plan, or daily schedule.	2	2.00	1.01
I work with tasks from a workshop on the computer.	2	1.98	0.93

Notes. $N=860$; SD = standard deviation; scale: 1 = (almost) never, 2=about once a month, 3=once or twice a week, 4 = (almost) every day; McDonald's $\omega = .68$.

Table A2. Students' voice and choice in computer-supported personalized learning [VOCH] based on Schmid and Petko (2019).

How often are you doing the following classroom activities on the computer?	Median	Mean	SD
I can decide how to proceed when learning on the computer.	3	2.97	0.91
I can manage my own time when learning on the computer.	3	2.91	0.95
I can decide for myself what I learn on the computer.	3	2.71	1.00

Notes. $N=860$; SD = standard deviation; scale: 1 = (almost) never, 2=about once a month, 3=once or twice a week, 4 = (almost) every day; McDonald's $\omega = .82$.

Table A3. Instructional quality [Iqual] adopted from Bos et al. (2011) and Fauth et al. (2014).

	Median	Mean	SD
Classroom management			
In class, everyone knows the rules that must be followed.	4	3.57	0.57
In class, it is clear what students are allowed to do and what students are not allowed to do.	4	3.53	0.67
In class, students fritter away a lot of study time.	3	2.72	0.69
Cognitive activation			
My teachers want me to be able to explain my answers.	3	3.16	0.73
My teachers give us tasks that seem to be difficult at a first glance.	3	3.32	0.65
My teachers give us tasks that I have to think about very thoroughly.	3	3.16	0.7
Supportive climate			
My teachers take time to explain things to me that I did not understand.	4	3.52	0.62
My teachers give me advices on how I can learn better.	3	3.35	0.68
My teachers know what I am already good at.	3	3.30	0.60
My teachers notice when I need support.	3	3.08	0.73

Notes. $N=860$; SD = standard deviation; scale: 1 = totally disagree, 2=somewhat disagree, 3=somewhat agree, 4=totally agree; McDonald's $\omega = .76$.



Examining the use of digital technology in schools with a school-wide approach to personalized learning

Regina Schmid^{1,2} · Christine Pauli² · Dominik Petko³

Accepted: 3 November 2022
© The Author(s) 2022

Abstract

A growing number of schools have recently been changing their culture of teaching and learning towards personalized learning. Our study investigates how schools use digital technology to facilitate and promote personalized practices. Based on the answers of a student questionnaire from 31 lower-secondary schools with a personalized learning policy in Switzerland, we selected the three cases with the most frequent use of digital technology in the classroom. Using key categories of digital technology implementation to frame the analysis, we examined the differences and similarities regarding the contribution of digital technology to fostering personalized learning. A systematization of our analyses resulted in three different types in terms of how schools integrate digital tools into their daily practices: 1. selective use of digital technology according to individual teacher preference; 2. selective use of digital technology according to individual student preference; and 3. structural use of digital technology in accordance with a school-wide strategy. The findings provide indications for future research and practice with respect to an implementation of personalized learning that takes full advantage of digital technology.

Keywords Personalized learning · Use of digital technology · Technology integration · Multiple-case study

Introduction

Personalized learning as a student-centered approach to education has aroused growing interest in the educational system because it raises the hope of finding a better way of coping with the students' heterogeneity at school. Private initiatives and initiatives at national level in mainly Anglo-American countries encourage schools to change their teaching towards personalized learning (e.g., Miliband, 2006; Pane et al., 2017; Waldrup et al., 2014). These initiatives and international research literature picture personalized

✉ Regina Schmid
regina.schmid@phsz.ch; regina.schmid@unifr.ch

¹ Schwyz University of Teacher Education, Zaystrasse 42, 6410 Goldau, Switzerland

² University of Fribourg, Fribourg, Switzerland

³ University of Zurich, Zurich, Switzerland

learning as a multilayered construct that has been defined and implemented in various ways (Keefe, 2007; Zhang et al., 2020a). Despite this conceptual variety, many definitions consider digital technology to be crucial to implement personalized learning (Bingham et al., 2018; ESSA, 2015; Walkington & Bernacki, 2020). Research on the use of digital technology in the area of personalized learning has predominantly examined technological innovations as an enabler of personalized learning environments (Gierl et al., 2018; Huang et al., 2012; Lee et al., 2018; McLoughlin & Lee, 2010). For example, one study developed and investigated a mobile adaptive learning system to enable personalized learning on mobile devices (Nedungadi & Raman, 2012). Other studies examined the use of an interactive e-book or media wiki to create a personalized learning environment (Huang et al., 2012; Kim et al., 2014). However, many schools have implemented a form of personalized learning as a whole-school approach and using different technological tools to tailor teaching and learning to the individual needs of students and to increase student choice, especially in Europe (Petko et al., 2017; Schmid & Petko, 2019). At the same time, it is largely unexplored how these schools use digital technology to facilitate and promote their school-wide approach of personalized learning (Bingham et al., 2018; Schmid & Petko, 2019; Zhang et al., 2020a). Therefore, empirical research on how digital technology is generally used in schools with an explicitly personalized learning approach is needed but still limited. Our paper addresses this desideratum and pursues the question how digital technology is used in schools with a school-wide approach to personalized learning. For this purpose, we specifically focus on two dimensions that we consider crucial in defining the concept of personalized learning: *student-centered teaching methods* and *students' voice and choice*. Student-centered teaching methods put the student with her or his individual needs in the center so that he or she can achieve an optimal learning progress. The implementation of student-centered teaching methods includes higher degrees of student self-direction compared to traditional teacher-centered instruction. Due to this active role of the learner, the student receives a say in the content, time, place, and social form of learning, which also gives him or her more responsibility in the learning process. In order to grant students' voice and choice, a certain degree of student-centered teaching methods is needed. While student-centered teaching methods and students' voice and choice seem to be two sides of the same coin, both aspects (i.e., teacher activities and student activities) need to be closely aligned to result in successful personalized learning. A detailed description of the concept of personalized learning, focusing on the two characteristic dimensions and how technology can support the implementation are following in the next section.

Literature review: personalized learning and digital technology

Personalized learning

The idea of tailoring teaching to the individual needs of students has a long tradition in Europe and the Anglo-American countries, and it is discussed in connection with several educational approaches, for example individualization, differentiation, student-centered education, constructivist teaching practices, self-regulated learning, or adaptive learning (Keefe, 2007; Stebler et al., 2018). The relatively new and popular term “personalized learning” links up with this idea. Several English-speaking countries have initiated educational reforms that are aimed at personalized learning and rely, among other things, on the help of digital technology. For example, the most recent US Education legislation—Every

Student Succeed Act (ESSA) of, 2015—intends to enhance personalized learning by digital technology and financially supports programs in this area in the hope of improving the quality of instruction and thus the learning success of all students. However, it remains an open question what definition of personalized learning the ESSA uses as a guideline (Zhang et al., 2020b). In the year, 2010, the US Department of Education already described personalization in the “Education Technology Plan” as an extension of individualization (adaptation of the pace of learning to the individual learner) and differentiation (adaptation of teaching methods to learning preferences). Not only the pace and the method can vary, but also the learning goals and the contents. The UK Department for Education and Skills initiated one of the first educational reforms that explicitly referred to the term “personalization”. In the report “Schooling for Tomorrow—Personalising Education,” personalized learning was defined according to five dimensions: 1. assessment for learning: giving students individual feedback and setting suitable learning objectives; 2. teaching and learning strategies based on the individual needs; 3. curriculum choices; 4. a student-centered approach to school organization; 5. strong partnerships beyond the school (Miliband, 2006). The document does not explicitly mention the role of digital technology, but in the research report by Sebba et al. (2007) it was analyzed within the second dimension “teaching and learning”. In sum, they located the potential of digital technology in the provision of learning resources and in the evaluation of student performance.

Although various researchers have investigated personalized learning and the role of digital technology beyond these educational policies and initiatives, a common understanding of how personalized learning is to be defined and operationalized is still missing. Further, the change from “one-size-fits-all” education with a strong teacher-orientation to student-centered education has been called for a long time and is not a novelty of personalized learning. Rather, constructivist learning theory in general holds that the active learner and his or her individual needs must be at the center in order to achieve optimal progress in learning. Even though some meta-analyses support the positive effect of such student-centered approaches (Cornelius-White, 2007), researchers have criticized forms of self-directed learning and questioned their effectiveness (Hattie, 2008; Sweller et al., 2007).

Today, there is a marked tendency towards *student-centered teaching methods* that provide an appropriate combination of student self-direction and teacher scaffolding (Lazonder & Harmsen, 2016; Reigeluth et al., 2017). For example, some schools with personalized learning concepts no longer have only subjects in their timetable, but also slots for self-directed learning, where students work on their personal learning plans and teachers support them individually (Schmid & Petko, 2019). This form of active participation enables *students’ voice and choice*. This means that students co-determine their learning in terms of the place, time, content, and social form of learning and with respect to the assessment of their learning process. Some researchers consider the focus on students’ voice and choice as the most significant feature of personalization, which also distinguishes this pedagogical concept from similar concepts such as differentiation and individualization (Bray & McClaskey, 2015; Miliband, 2006).

Empirical research on the use of digital technology in personalized learning settings

In spite of the conceptual fuzziness of personalized learning, several empirical studies have evaluated digital technology-enhanced personalized learning and meta-studies have emerged (e.g., Xie et al., 2019; Zhang et al., 2020a). Most research has investigated

adaptive learning technology that tailors education to an individual student's needs. This means that students are provided with a specific software that monitors and assesses their learning process and adapts the learning tasks accordingly (Lee et al., 2018; Zhang et al., 2020a). Comparatively little research has examined how digital tools are generally used in schools with personalized learning settings (e.g., Bingham et al., 2018). A systematic review of empirical research shows that more than two thirds of the studies that had been conducted between 2006 and 2019 examined specific digital systems or tools that aim to enhance personalized learning in a specific course or group of students (Zhang et al., 2020a). Given that many schools have been gradually changing their teaching and learning towards personalized learning without integrating a specific digital system or tool, it seems, that research should more often focus on the different ways in which digital technology is used within the implemented educational practices of personalized learning (Bingham et al., 2018; Lee et al., 2018).

In general, the inclusion of different technological tools can significantly support the implementation and the development of personalized learning settings (Bingham et al., 2018; Dabbagh & Castaneda, 2020; Lee et al., 2018; Underwood et al., 2007; Zhang et al., 2020a). For example, teachers can use digital technology to make the organization and the management of their personalized teaching practices more efficient. The time saved can be used to provide individual support to each student (Reigeluth, 2017). This potential as described by Reigeluth (2017) is in line with the results of a study on the functions of digital technology in personalized learning in which eighty percent of the teachers used digital technology primarily for planning and instruction in primary and secondary schools (Lee et al., 2018). These schools adapted learning content and instructional methods to the individual learners. The extent to which students have a say in the learning process remains unclear from the study (Lee et al., 2018). However, digital technology can also be useful for lending individual support. If a student has not yet understood a type of task, he or she can receive an infinite number of similar exercises that are generated by a specialized software (Reigeluth, 2017). Furthermore, digital technology can help create immersive and authentic tasks. Students can work with real-world problems and, due to the simplified access to information, also deal with a variety of new problems. In this way, the tasks become relevant and meaningful to the students, which Walkington and Bernacki (2018) emphasize as a crucial aspect of personalized instruction.

Two further studies on personalized approaches from the United Kingdom show that digital technology plays a significant role in enabling individual learning pathways, monitoring individual progress, and allowing the students to work at their own pace (Sebba et al., 2007; Underwood et al., 2007). However, the effective use of technological tools requires an adequate infrastructure and IT concept. A collective case study in the US concluded that certain infrastructural conditions, for instance sufficient internet bandwidth for high-level use of digital technology, must be ensured prior to the school-wide implementation of personalized learning if this approach is to be successful (Bingham et al., 2018). In accordance with this finding, US data show that since the beginning of the 2000s, external barriers to the integration of digital technology such as insufficient equipment with hardware and software have been significantly reduced (Ertmer et al., 2012). Infrastructure is an important basic condition indeed, but the integration of digital technology into classroom learning is a complex process with several interacting factors at the level of both the individual school and the teacher, which is why even a high standard of hardware and software does not necessarily lead to a more frequent and more effective integration of digital tools (Niederhauser & Lindstrom, 2018; Petko et al., 2018). This assumption can be supported by studies that have identified the individual beliefs of teachers about the use of digital

technology as one of the most important factors with respect to whether they use digital technology in the classroom on a regular basis (Ertmer et al., 2012).

Furthermore, several studies indicate that teachers and students use computers more frequently in student-centered and individualized learning settings than in traditional whole-class settings (Law et al., 2008; OECD, 2015; Tondeur et al., 2017). Even though the approach of personalized learning is less established in the German-speaking part of Europe than in English-speaking countries, a Swiss study on personalized learning and digital technology supports this result. More than twice as many students who were taught in personalized learning settings reported to use digital technology at least once a week compared to students who were taught in traditional learning settings (Schmid & Petko, 2019). Nevertheless, it is still unclear how digital technology is concretely used in practice to facilitate personalized learning settings.

Purpose of the study and research question

As the overview of the current state of research shows, there are several empirical studies on personalized learning that demonstrate the potential of digital tools or systems to enable personalized learning environments (Lee et al., 2018; Zhang et al., 2020a). Further, international findings indicate a higher use of digital technology within personalized learning settings compared to traditional classroom settings (Law et al., 2008; OECD, 2015; Schmid & Petko, 2019). However, empirical research on how digital technology is actually used in schools that have implemented personalized learning school-wide is largely lacking. In order to gain insights into the current practice, the multiple-case study was designed with the aim of investigating the use of digital technology in schools with an implemented personalized learning concept. Accordingly, our research question is:

How is digital technology in general used in schools with a school-wide approach to personalized learning?

Research design and methodology

In order to identify and describe the similarities and differences regarding the purposes of the use of digital technology across and within schools with personalized learning concepts and thus to address the research question, we opted for a multiple-case study (Yin, 2014). Based on a student questionnaire that had already been completed within a major research project on Swiss schools with personalized learning concepts, we selected three schools for data collection. The next section outlines the wider context of our study in more detail.

Contextualization of the study

A growing number of Swiss schools have been changing their culture of teaching and learning by implementing some form of personalized learning. The Swiss research project perLen (“Personalized Learning Concepts in Heterogeneous Learning Groups”) investigated such schools in the German-speaking part of Switzerland over the course of 3 years (2013–2015). Our in-depth study on digital technology use formed part of the perLen project.

Although the participating schools inevitably differ in the details of how they have implemented personalized learning, there are evident commonalities. In a bottom-up initiative, all schools have developed their teaching in terms of student-centered teaching methods, self-directed learning, and adaptive learner support. For this purpose, they have integrated regular time slots in the schedule in which the students learn autonomously according to a personal learning plan. In particular during such self-directed learning phases, students have more choice and voice concerning what, how, and when they learn than in traditional classroom settings. As a consequence, the function of the teachers primarily consists in providing adaptive support during the self-directed learning phases.

Selection of the three case-study schools

All schools of the study participated voluntarily. They had either responded to an open call for schools with personalized learning concepts, or they had been explicitly invited on recommendation from municipal and cantonal education departments. The overall sample of the study on digital technology use consisted of 31 lower-secondary schools with a total of 1017 8th-grade students. They completed an online questionnaire that included the question of how often they use digital technology for different classroom activities. Based on the students' answers, we identified the three schools with the most frequent use of digital technology and invited them to take part in our multiple-case study. We first contacted the principals via e-mail and called them a few days later, asking for permission for a school visit with different interviews and observation sequences. After having consulted the teachers, all principals agreed to participate.

The Swiss education system assigns post-primary students to three different tracks in lower secondary education: "Gymnasium" (advanced level), Track A (challenging level) and Track B (basic level). The three schools of our subsample all offer education for Track-A and Track-B students and in contrast to traditional schools, the instruction takes place partly in mixed groups and partly in different ability groups per subject. They varied in terms of funding, number of students, and demographics and as regards time and reason for implementing personalized learning concepts (see Table 1).

Data sources and data collection

Data collection was guided by our interest in examining the use of digital technology in classes with personalized learning settings from a qualitative point of view. Before visiting the three schools, we collected relevant curriculum documents from their websites. During the 1-day visit in the fall of, 2016, two researchers carried out semi-structured interviews with the principal(s), two teachers and the person or the persons who were in charge of the IT-infrastructure (see Table 1). Throughout the semi-structured interviews, which were the main data collection tool, the researchers focused on the following areas: characteristics of the school, development towards personalized learning environments, role of digital technology in the school, practical use of digital technology in class, assessment of teaching development through digital technology use, role of participants in the use of digital technology and next steps/further development. For example, we asked each participant what role digital technology plays in his or her school.

In total, we conducted 11 interviews with a duration of 22 to 65 min. All interviews were audio-taped and transcribed. At the beginning of each interview, we had asked for

Table 1 Characteristics of the three selected schools

	School A	School B	School C
Funding	Public	Private	Public
Location	Rural, wealthy village	City border, wealthy town	Rural, average village
School size	Medium approx., 200 students	Small approx. 100 students	Large approx. 300 students
Implementation of personalized learning	2011/2012	1998 (founding year)	2009/2010–2013/2014 (grade-by-grade introduction; one grade per school year)
Number of interviews (anonymized label for the participants)	Four interviews: principal (A1), teacher (A2), teacher (A3), computer scientist (A4)	Three interviews: principal (B1), teacher (B2), ICT supporter who works as a teacher as well (B3)	Four interviews: co-principals (C1/C2), teacher (C3), teacher (C4), co-ICT supporters (C5/C6)

permission to record it. In addition, we observed and logged open teaching sequences in which the students worked according to individual learning plans. Furthermore, we photographed the learning situations and were allowed to ask the students a few questions which we documented in the field notes.

Data analysis

After the transcription of the interviews, we conducted a qualitative content analysis (Mayring, 2010) in which we consulted our observations as recorded in the field notes and the curriculum documents from the websites (Yin, 2014). To identify the purposes of the school-specific use of digital technology, we first condensed each transcript to extract the main statements. Based on these extracts, we wrote a preliminary case report of each school that included the multiple data sources and was structured by three dimensions: 1. school-related factors (e.g., general context and IT equipment), 2. teachers' skills and beliefs about the use of digital technology, and 3. teaching and learning with digital technology. We chose this analysis structure based on various research findings indicating that the use of digital technology in the classroom is highly dependent on school factors (e.g., a good technical infrastructure and a supportive principal) as well as teachers' beliefs and skills regarding the use of digital technology (Ertmer et al., 2012; Niederhauser & Lindstrom, 2018; Petko et al., 2018; Tondeur et al., 2017). After this preparatory work, we conducted the analysis with key categories such as quality of the infrastructure, support, and teachers' beliefs and skills (Petko et al., 2018). In a recursive process of moving back and forth in the interviews, we continuously adjusted the key categories to the data material, which are also structured according to the three dimensions (see Appendix Table 2). This final analysis was added to the case reports in which concrete quotes served to substantiate the findings.

Credibility and trustworthiness

Reliability and validity as criteria for scientifically solid measurements are common in quantitative research but problematic in qualitative research. Therefore, qualitative approaches often replace them by alternative criteria such as credibility and trustworthiness (Twining et al., 2017). In our study, we tried to ensure credibility through the triangulation of multiple data sources (inter alia, student questionnaire, interviews with principals, teachers and IT support, and curriculum documents from the websites). A further measure to increase the trustworthiness of the findings was to involve co-researchers in data collection and data analysis. Moreover, we presented the results to the schools to confirm our conclusions from the perspective of the participants themselves.

Results

In this section, we present the results of the three case studies separately and structure our portraits according to the three dimensions that constituted the basic framework of our analysis (see "Data analysis" section): (1) school-related factors, (2) teachers' skills

and beliefs about the use of digital technology, and (3) teaching and learning with digital technology.

School A: selective use of digital technology according to individual teacher preference—“it depends largely on the assignments” and “it’s a matter of taste”

School A is a public lower-secondary school and located in a large canton in Switzerland. Approximately 300 students are taught by about 30 teachers. The village on a hill with a view of the lake has a higher tax income than the average Swiss village, which can have an advantageous effect on local education policy (e.g., better equipment of schools with infrastructure).

School-related factors

As the number of students had decreased over the last few years through a lower birth rate in the school district, the school was faced with the necessity to adapt its structures. At present, it runs only three classes per grade instead of the formerly four classes. This cut resulted in a structural problem because the school was no longer able to run two Track-A classes (challenging level) and two Track-B classes (basic level) every year. Consequently, the opportunity for students to join a Track-A class varied from school year to school year. According to the principal, the school was motivated to improve this inadequate (“bad”) system.

In order to provide high-quality education in spite of the student decline, the school decided personalized learning as its new system and thus abolished separated Track-A and Track-B classes. The school changed its teaching to personalized learning in partly mixed classes and partly ability groups per subject within eight months. The local school authorities agreed to the new teaching principle but on condition that the percentage of students passing to the “Gymnasium” at least remains the same or increases. This has been achieved with a slight increase in student performance. Today, the students spend one third of their time in self-directed learning phases in mixed classes while input lessons in the subjects mathematics, German, French, and English are held in ability groups. During the self-directed learning phases, each student works on her or his individually designed desk in a large room—the so-called *learning landscape*, which looks like an open-plan office. In contrast to the classroom for input lessons, the learning landscape accommodates all 50 to 60 students of the same grade.

The IT infrastructure in the classrooms for input lessons presents itself as heterogeneous. Although each classroom is equipped with a projector and cable internet access—“that’s a must, anyway” (Principal A1), all rooms lack a “standard” equipment and open wireless internet access. However, the main problem was stated by Teacher A2 as follows: “We have a great infrastructure for instructional teaching [during the input lessons], but not a good one for group work or individual practice”. Moreover, Principal A1 expressed the wish to have some mobile devices in every classroom whereas at present, each learning landscape is equipped with 15 to 20 computers as standing workstations that can be used during the self-directed learning phases. These computers are suitable for individual work, but as speaking is not allowed in the learning landscape, they cannot be used for group work.

The school finds itself in the comparatively privileged situation that an inhouse computer scientist maintains all 260 school devices. Even though Principal I perceives the IT infrastructure as quite outdated and is determined to improve it, the interviewed teachers regard it as generally good.

The use of educational digital technology and the diverging opinions concerning this issue are an often-discussed topic, but the inclusion of digital tools is “definitively no element of the school profile” (Teacher A2). This statement corresponds with the stance of Principal A1 who does not push the teachers in terms of digital technology integration. Rather, he is confident that digital technology integration in class will evolve naturally, driven by the younger teachers. The development of an IT concept for the school has recently been initiated but at present there are no school-internal general rules for the (student) use of digital technology. Probably due to the few specifications at the level of the whole school, there is a remarkably pronounced informal exchange among the teachers to which they refer as “open-door policy and discussions”, especially within the individual teams who are jointly in charge of all of the students in one grade (see also “[Teaching and learning with digital technology](#)” section).

Teachers’ skills and beliefs about the use of digital technology

Various statements point to a large discrepancy between the different teachers’ beliefs about the use of digital technology. Teacher A2 uses digital technology in class regularly and states: “This is the information medium that we all use; they [the students] need to learn how to handle it”. This quote illustrates that some teachers see digital devices as an integral part of everyday life so that their routine use in the classroom becomes indispensable if school is to prepare students adequately for the future. Other teachers, by contrast, wish to restrict the students’ working time on computers. Older teachers in particular tend to hold more negative beliefs than the younger teachers, which is reflected in the frequency of use of digital technology in class and in line with the observations on site. Principal A1 comments on this observation as follows:

My school team comprises a lot of older people too. I can imagine that in 10 to 15 years a lot of young people will have arrived who use computers in their everyday school life much more often and consider them useful.

While mentioning their beliefs, the teachers hardly ever brought up their skills regarding the use of digital technology. Teacher A3 mentions only in passing that they have a very good IT infrastructure, but that one has to know how to use it. Overall, however, the teachers’ digital technology skills appear to be a minor issue.

Teaching and learning with digital technology

As stated in Section “School-related factors”, School A has no general teaching concept regarding the use of digital technology. Each teacher is responsible for her or his subject. This includes assigning tasks for the self-directed learning phase, collecting the students’ work if necessary and correcting it. The integration of digital technology is subject-specific. On the one hand, “it depends largely on the assignments” (Teacher A3) and, on the other hand, on the teacher: “It’s a matter of taste” (Teacher I.1). Nevertheless, the team members who are jointly responsible for the same grade need to find common ground, as Teacher A2 explains: “This [the shared basis] was arranged but has not been written

down”, The common standard of the team of Teacher A3, for example, requires that “the students must be able to justify why they are working on the computer”, In joint efforts to define standards, quality is often an issue. In this connection, the teachers regularly discuss “for which assignments it makes sense to use a computer” (Teacher A3). A few years ago, “everybody used computers” (Teacher A2), which is why the discussion about quality has arisen. At the same time, students receive no education in media and computer sciences during their first two years. This proves to be a challenge.

Depending on the task, Teacher A2 begins with a guided sequence on the computer and explains:

... If the learning landscape is free, I can introduce and guide the students on the computer in the learning landscape. For example, when they are preparing a presentation, I tell them not to start simply by designing the PPP [PowerPoint Presentation]. Otherwise, they design 5 hours and still have no content. In this way, I can point out that research comes first.

In the context of the input lessons, teachers mostly use the projector and the interactive whiteboard. Teacher A2 was “totally stuck” when the projector did not work for 2 months: “You need the computer a lot as a teacher”, Teacher A3 points out that the administration is easier to manage: “I can show the worksheet I want to discuss in 2 clicks”, Furthermore, newer teaching materials such as the textbooks for English as a foreign language are increasingly interactive in design and integrate computers. As a consequence, several teachers use interactive teaching materials in which tasks have been redesigned through the use of digital technology. A similar example is the learning software “Religiopolis” that allows the students “to immerse in the worlds of religion” (Teacher A2), which would not be possible to the same extent without digital technology.

In the context of self-directed learning phases, Teacher A2 describes it as “pretty cool” that she can provide her students with the new option of completing a task with a voice message or a text. Teachers rarely integrate mobile phones in class but “particularly for photos, it is a really simple instrument as well. We no longer have a class-set of cameras [one camera per student]” (Teacher A2). In mathematics, the students have access to all solutions on the server so that they can correct and revise their work themselves. Moreover, they practice regularly with a specific learning software. Despite the regular use of digital technology, several teachers try to keep a balance between the analog and the digital, which is reflected in different practices. For example, only certain texts may be written on the computers, and before the online vocabulary training, the students must write down all foreign words by hand at least once.

School B: selective use of digital technology according to individual student preference—“they [the students] are relatively free to decide when they go to the computer”

The small private school is located directly at the bus stop “City Border”, which describes the location exactly. The former factory building has different entrances that give access to the kindergarten, the primary school, and the lower-secondary school. Of the total of approximately 100 students, 35 attend lower-secondary school.

School-related factors

The state-approved private school has been pursuing the approach of personalized learning since its founding year in, 1998. The focus on the students' "individual development of potential" through personalized learning and smaller class sizes (10 to 12 students) are central characteristics that distinguish this private school from the average public school. Only a small percentage of all students attend private schools in Switzerland because the federal education system is of high quality. Principal B1 explains that this approach, day care from 7:30 to 18:00 as well as bad experiences at previous schools' cause parents to send their child to this private school. To cover the costs of approximately, 2000 dollars per month excluding meals and schoolbooks, typically both parents have to work.

The heart of the school building is constituted by "Wing A", which is a large light-flooded room for the self-directed learning phases, so-called "in-depth learning studies". These in-depth learning studies take place with a frequency of at least one lesson per day. During this time, the students have free access to 12 computer stations. Principal B1 describes them as follows: "The shell of the computers is old, but apart from that they are kept up to date", Nevertheless, the school plans to replace its IT hardware soon. Teacher B2 is very satisfied with both the infrastructure and the IT support: "Digital media are becoming more and more important. 12 computers for 16 students—that is a big deal [...] I always receive support when I need help", Furthermore, the students have the possibility to bring their own devices. The students use this possibility chiefly to write their final thesis in the last year. During this period, the ICT supporter opens the WI-FI network to the students. For the rest of the year, the students have to use the cable internet.

The smaller rooms for the input lessons are arranged around the main wing. Their IT infrastructure differs and meets the preferences of the teachers as Principal B1 explains. The classroom for mathematics is equipped with a smartboard while other classrooms are equipped with a presenter or only with whiteboards.

In general, the school has not developed a special concept for the use of digital technology. Principal B1 rather sees them as an integral part everyday teaching and learning: "If you look at how children handle media in everyday life, the school cannot cut itself off from digital media. [...] We have computer stations; they are used daily. We don't have ICT lessons once a week; we learn this in the subjects", Every year, one 9th-grade student acts as the contact person for computer problems and helps the others. Usually, this student intends to begin an apprenticeship in the ICT sector after the completion of compulsory education.

Principal B1 was a driving force behind the digitalization strategy at his school: "At the organizational, level everything is digital", For example, the documents concerning the team meetings are stored in a cloud and the students' week plans are published on the intranet, which is especially appreciated by parents. Furthermore, the teachers use a specific platform as a "management tool" to document the discussions with parents. In contrast to the organizational level, the use of digital technology in the classroom varies considerably. There is neither a school-wide discussion nor clarity about the goals of the use of digital technology. The existing exchange among the teachers is limited to application-related knowledge, for example to topics such as "how Apple TV works" (Teacher B2).

Teachers' skills and beliefs about the use of digital technology

As mentioned in “[School-related factors](#)” section, the use of digital technology in class varies, and Teacher B2 describes it as “autarkic and type-dependent”. Overall, the majority of teachers see added value in the use of digital technology. Still, a few older teachers do without the support of digital technology due to their negative beliefs about the use of digital technology:

Not everyone works so much with digital media. It depends on the age. One teacher still does everything on paper, and that works greatly because she has such an attitude. [...] I hardly write on the blackboard anymore. It really depends on the type. You realize it when Dropbox doesn't work; some are affected, others not, (Teacher B2)

The interview with ICT Supporter B3 shows that he expects every teacher to have a certain level of digital skills, although a few older teachers have to acquire these skills first: “I expect teachers to be skilled in this area [integration of digital technology]. The younger ones find it easier”, Principal B1 notices the differences in terms of skills and beliefs as well. Therefore, he has initiated an effort to increase the integration of digital technology in class “step by step”. For the majority of teachers, digital technology already plays a major role in their daily practice: “[...] we noticed it last week when the Internet went down. It was a disaster”. (Teacher B2).

Teaching and learning with digital technology

Despite the largely autonomous and type-dependent integration of digital technology, there is one common rule: the students are allowed to use the computers from 8:15 to 9:00 am, that is, before school officially begins. During this time, the students are not required to ask a teacher for permission. Many students voluntarily go to school a little earlier and use the computers for private and school purposes. Furthermore, the students are allowed to use a computer in pairs. To document the students' tasks, the teachers can avail themselves of an administration platform. Within the platform it is possible to assign each task to a student. Teacher B3 explains his routine as follows: “When the student has completed the task, I enter it into the platform. [...] It would be the goal that the students use it in the same way as I do”, At the moment, the students cannot yet access the platform. However, the first step is that all teachers work with it, as so far only a few of them use the platform actively.

During the input lessons, the teachers—except for a few older teachers—often show movie sequences with Apple TV, Netflix, or YouTube to impart languages with authentic situations: “In the past you had to roll the TV in [into the classroom]. Now, my biggest problem is when I have no connection to Netflix” (Teacher B2). Teachers often use YouTube in class, for example to show experiments in chemistry. “We don't have a large lab like many public schools” (Teacher B3). Therefore, videos are the only way to illustrate complex experiments. For instructions in general, many teachers use the digital presenter and the smartboard, which does not change the teaching practice in itself but is thought to lead to a functional advantage. In this connection, Teacher B2 also points out that the integration of digital technology has become easier in general and helps achieve increased flexibility.

Particularly in vocational preparation, computers play a crucial role. A special platform called “yousty” helps administrate all application documents. The teacher can proofread a

student's application and, at the same time, the platform displays the number of applications and rejections, which means an administrative ease for the teacher. The students can access over, 200 portraits of professions that are complemented with videos and further information about the requisite qualifications, salary, further-education opportunities, open positions in the different cantons, etc. This systematically edited information is intended to make the wide range of professions visible and illustrates through videos and interviews what the professional activity looks like. This comprehensive insight is a great help for the students and proves the potential of digital technology.

If students work independently in the self-directed learning phases, they use digital technology mainly for "searching information, writing, and presentations" (Teacher B2) and occasionally for special projects such as the designing of a website or a newspaper project. The students decide themselves whether they want to work on the computers, and they may also use them for group work: "They [the students] are relatively free in terms of when they go to the computer within the assignments. [...] I say, if you don't know something, do a research" (Teacher B2). The autonomous search for information enables the teacher to split up and distribute assignments thematically, for example "each student can deal with another country". However, some students need support to find information, for example, where to find application templates: "The students are familiar with Instagram on their mobile phones but not with Word on the computers" (Teacher B2).

School C: structural use of digital technology according to a school-wide strategy—"it has no longer been possible to work without a computer"

The public lower-secondary school with about 300 students and 50 teachers is large in comparison to the average Swiss school and located at the edge of extensive agricultural land. The old school building has existed for more than forty years. In order to accommodate the growing number of students, a further school building for 150 students with a large gymnasium has been planned.

School-related factors

The vast majority of the students take the big step into the professional world after the completion of their compulsory education and begin an apprenticeship. Due to great heterogeneity and large classes, the two co-principals had looked for a better solution with the aim of meeting the diverse needs of the students better without exceeding the financial framework. At the same time, the principals intended to strengthen the students' personal responsibility and their self-determination. Against this background, the principals have introduced personalized learning as a new teaching system grade by grade and not "in one go" (Principal C1). This systematic procedure allowed new students to enter lower-secondary education in the new system while the students of higher grades could finish school in the old system. Furthermore, this undertaking resulted in the parallel existence of two different teaching systems for 2 years, which was advantageous to the students and helpful to get the commitment of the parents but also difficult for the teachers. The exchange among the teachers was limited due to the distinct challenges they had to cope with, and it led to a temporary split in the team.

The implementation of the new teaching and learning system merged three classes into one "learning studio", which is one big room for about 50 students. The students learn in a self-directed way for about one third of the lessons in these learning studios. The system is

comparable to the concept of School A, but School C runs two learning studios per grade, one “high performance”-group and one “moderate performance”-group. The traditional input lessons in the subjects mathematics, French and English, by contrast, are held in three different ability groups. Furthermore, the school has introduced learning platforms that facilitate the organization of the new teaching and learning system (see “[Teaching and learning with digital technology](#)” section). Each learning studio is equipped with 12 computer stations and one can with 17 laptops. ICT Supporter C5 explains the intention behind the acquisition of these devices as follows: “On the one hand, we wanted to have fixed computer stations for the students in the learning studio that were freely accessible. On the other hand, if you want to work with the class on digital devices, it requires a class set”, This “luxury” IT infrastructure with approximately 30 devices for 50 students led to an increased use, which, in turn, requires arrangements among the teachers so as to avoid bottlenecks. Overall, the acquisition of the IT infrastructure was significantly influenced by financial aspects: “[...] Laptops have become cheaper and cheaper, so it is not an educational decision that today there is a laptop cart in every learning studio” (ICT Supporter C5). The previous IT expansion was possible without an overarching concept. However, plans to develop an IT concept already exist. ICT Supporters C5 and C6 have only four hours per year at their disposal to maintain all devices. Because of these limited resources, all devices have the same interface so that in case of problems, all teachers can help each other.

Although the principals introduced learning platforms as central elements of the teaching organization, they hold that “digital technology must be useful, but not central”, As the students already use digital technology in their leisure time very often, Principal C1 rather sees a need for countermeasures. Mobile phones, for instance, are forbidden in the school buildings; only their use on the playground is allowed. Although Principal C2 does not see the solution in implementing new devices either, he considers frontal teaching to belong to the pedagogical Middle Ages. Overall, the principals regard digital technology as a “helpful tool extension”, but they focus on the pedagogical concept. At the same time, the ICT supporters as well as the teachers emphasize the importance of digital technology in the new school model:

- “With the new school model, it has no longer been possible to work without a computer, to give assignments, to control the entire learning process”, (ICT Supporter C5).
- “It would also work without digital technology, slower though, and we would have to modify the whole organization of the assignments again”, (Teacher C3).
- “We are certainly more dependent on digital technology than a normal school”, (Teacher C4).

In contrast to most schools, the teachers who are jointly in charge of a grade prepare the teaching materials together. This means that one teacher is responsible for one or two subjects and afterwards six other teachers use this preparation in class. The whole process of preparation and exchange of the materials is digitalized. In the teachers’ opinion, the (digital) exchange of the materials increases their quality although this practice sometimes leads to discussions concerning the “different levels of quality” (Teacher C4). Mostly, however, discussions on digital technology use are limited to organizational aspects to avoid infrastructure bottlenecks.

Teachers' skills and beliefs about the use of digital technology

As the school has been working with the learning platforms and the joint digital preparation of lessons for several years, there are hardly any negative beliefs about the use of digital technology. Teacher C3 and Teacher C4 perceive the use of digital technology as “actually simply pleasant” and as “an added value and no disadvantage in today’s world”. Moreover, Teacher C3 explains that most of the new teachers had already worked at the school as interns or substitutes before they joined the regular team. Thus, all new teachers are already familiar with the digitally enhanced teaching system and make a conscious decision to teach in this way. Against this background it seems likely that, teachers with pronounced negative beliefs about the use of digital technology left the school in the past years.

The requisite digital skills challenge some teachers, especially the older teachers. All interviewed persons state independently that younger teachers have higher digital skills than older teachers. In the context of the implementation of a new learning platform, ICT Supporter C6 draws the following conclusion: “It is good for some teachers that they retire next year. It is probably not a big change for the young ones coming from the university of teacher education, simply a new interface”, The principals too know about the different levels of digital skills: “New teachers have no problem; digital media are omnipresent at the university of teacher education [...] There are more teachers at my age [50+ years] who have problems” (Principal C2). The majority of teachers feel competent in the use of digital technology and help each other when they are facing difficulties. A few teachers even possess above-average digital skills and are referred to as the “2 to 3 cracks in the house” (Teacher C4).

Teaching and learning with digital technology

As mentioned in “[School-related factors](#)” section, the school uses a self-developed learning platform that is crucial to its organization of teaching, especially during the self-directed learning phases. Teachers and students use the learning platform primarily to get an overview of the pending assignments. The teachers record each assignment on the learning platform. Every assignment receives a barcode, which is needed for the administration of completed assignments. Afterwards, the digital component disappears to a great extent, however, because the teachers print out all assignments for the students and distribute them every Monday. ICT Supporter C6 comments on this practice as follows: “[I]t is madness to print out all assignments. There would be more elegant digital solutions. But it is currently financially not possible to provide every student with a device”, If a student does not submit an assignment within the deadline and consequently the barcode is not registered, the assignment will turn red in the system. Students with “red assignments” must attend so-called “in-depth lessons”. Teacher C3 remarks on this new routine in the following words: “I used to make lists to check off... As open and free as it may sound, students have never been so controllable as now. You have it black on white whether it has been handed in or not”. Thus, the learning platform primarily helps the teachers administrate the individual tasks and further serves as “file manager” for the teaching materials.

Teachers use the input lessons to introduce the different assignments. In this context, Teacher C3 explains the students how to set up a PowerPoint presentation, among other

things. Teachers often use the laptops for listening tasks in the language subjects. For example, students in pairs watch a French weather forecast on a laptop and answer questions about it. Through the use of the laptops, students can solve authentic tasks cooperatively and at their own pace.

In the self-directed learning phases, teachers often implement learning software. In French and mathematics, the use of software is even prescribed by the official teaching materials. Teacher C4 also uses learning software if a student has not yet understood a particular type of task: "It keeps generating new tasks until you get it. This makes it much easier for me". During the self-directed learning phases, students are free to decide at what time they deal with which assignment but whether the students are allowed to complete the assignment digitally is usually specified by the teachers. Furthermore, the teachers ensure "a certain individualization" within the assignments (Teacher C3). For example, one task consisted in writing a portrait of a well-known inventor. The students could choose an inventor themselves and searched for information on the internet.

Due to the mixed infrastructure of computer stations and laptops in the learning studios, the school introduced an incentive system for the students: Students can apply for becoming a master learner who has the privilege to use a laptop in the self-directed learning phases. The non-master learner must work on the standing computer stations where the teachers can see the screens better.

Discussion

Summary and conclusions

To gain insights into the practice of using digital technology in schools with personalized learning settings, our study investigated the question as to *how digital technology in general is used in schools with a school-wide approach to personalized learning*. All three cases illustrate a different practice in terms of the daily use of digital technology in classrooms. Thus, the systematization of the analyses resulted in three different types:

Type A uses digital technology selectively according to individual teacher preference. While each teacher determines the use of digital technology in his or her subject individually, a minimal consensus must be found within the team members who are jointly responsible for the same grade. The teachers regularly discuss how digital technology can add value to specific tasks. The discussions show that especially elderly teachers are still skeptical about the implementation of digital technology. Other teachers, by contrast, aim to impart a competent and meaningful way of using digital and analog media. Although the use of digital technology is neither a constitutive of the school profile nor are general school-internal rules defined, this selective use of digital technology in personalized learning settings leads to some administrative simplifications, functional improvements and enables occasionally new types of assignments. Students gain more scope for choice, especially in self-directed learning phases in which they work with their individual learning plans. At the same time, some teachers restrict the students' choice in terms of the use of digital devices to the extent that they have to justify why they need to work digitally.

Type B uses digital technology selectively according to individual student preference. Especially in the first lesson and during the self-directed learning phases, the students can decide by themselves whether they want to use the computers for assignments. The implementation of digital technology is already a matter of routine for most teachers.

Nevertheless, the use of digital technology in the classroom is not yet systematic in contrast to the organization at school level which runs completely digital. The principal accelerates the process of integrating digital technology in the classroom, but gradually so as not to displease few teachers with negative ICT beliefs. As the interviewed teachers stated, their use of digital technology in personalized learning settings enables more flexibility in teaching and more choice for the students. The potential of the digital technology seems to be well exploited in some areas. The subject “occupational studies”, for example, could not be taught in the same quality and degree of personalization without the involvement of digital technology.

Type C uses digital technology systematically according to a school-wide strategy. The systematic and frequent use of the learning platform facilitates the administration of the new teaching system and is primarily seen as an administrative simplification for the teachers. Overall, the teachers consider the implementation of digital technology to be supportive and beneficial. The principals are more skeptical than the teachers in terms of using digital technology in class and deliberately do not promote the implementation of digital technology because of the students’ high use of digital technology at home. Their focus is on pedagogical development whereby digital technology integration is seen as a helpful support. The personalization of the learning process is achieved through assignments with student choice and increased autonomy during the self-directed learning phases. Furthermore, the mostly predefined use of digital technology promotes individualization besides interactivity. Moreover, the teachers differentiate by dividing the students into ability groups during the self-directed learning phases and the input lessons.

Against the background of these three types, the teachers at all schools often use digital technology to plan, organize, and administer lessons, which is in line with the findings of Lee et al. (2018). Although student use of digital technology in class takes place on a regular basis it is still less pronounced compared to teacher use of digital technology, despite the availability of adequate IT infrastructure. The students use digital technology regularly and mainly during the self-directed learning phases, which is a commonality that is shared by all three schools. Therefore, such phases seem to be particularly suitable for implementing digital technology in classrooms. This finding is consistent with much of the research on the general integration of educational digital technology in schools that showed that the inclusion of digital tools is more likely in student-centered approaches than in traditional teaching settings (Kim et al., 2014; OECD, 2015; Tondeur et al., 2017). Moreover, meta-analytical findings suggest that student learning with digital technology is more effective when it is combined with student-centered approaches (Tamim et al., 2011).

Apart from the corroboration of previous research findings, our study also reveals some frictions between the common understanding based on the literature review that personalized learning and digital technology can be considered to go hand in hand (ESSA, 2015; Lee et al., 2018; Xie et al., 2019). It becomes apparent that although the three case studies relate to schools with a relatively frequent use of digital technology in comparison to the average Swiss school (see “[Selection of the three case-study schools](#)” section) (Schmid & Petko, 2019), it is contrary to our expectations that even in these schools, digital technology did not play a major role in promoting personalized learning. In School A and School B, digital technology was only marginally at issue in the development of their concept of personalized learning. Instead, it was declared to be an optional tool for teachers (School

A) or students (School B). This lack of anchoring of digital technology in the implementation strategy stands in marked contrast to the research literature according to which digital technology is to be regarded as a central aspect of the promotion of personalized learning (Bingham et al., 2018; Dabbagh & Castaneda, 2020; Zhang et al., 2020a). In School C, digital technology is systematically applied to organize the administration of the personalized teaching system. Nevertheless, also in this case, the software merely serves to facilitate the flow of information from student to teachers and vice versa, but it does not in itself and directly contribute to increasing adaptivity (Xie et al., 2019). Rather, it is intended to support teachers in providing adaptive guidance. These unexpected findings show how important it is to investigate the actual use of digital technology in practice which does not always match the innovative uses of digital tools for personalized learning that are typically described in the literature (Bingham et al., 2018; Lee et al., 2018). Further, the case studies illustrate that quantitative data on the frequency of digital technology use are not sufficient to analyze whether the actual use of digital technology in practice promotes personalized learning settings.

Despite the absence of digital technology as one part of the school-wide strategies, students use regularly digital technology in the personalized learning settings. In School A, the students have to justify themselves if they want to work with the computers during the self-directed learning phases. This implies that although increased student choice has been achieved through a shift to personalized learning (Bray & McClaseky, 2015; Mili-band, 2006), some teacher teams have imposed restrictions on the students' use of digital technology. In this regard, critical beliefs of teachers can be conducive to the initiation of a valuable discourse on the quality of the use of digital technology as in School A, but they can also lead to increased regulation and, in consequence, to a limitation of the students' choice to use digital technology in class (Ertmer et al., 2012). In School B, the personalized learning and teaching system extends the students' scope and leaves it up to them to decide whether they want to work on computers as well. Most teachers let their students take advantage of digital alternatives. Still, the implementation of digital technology is not yet regulated at the school level. In School C, the systematic use of the platform facilitates the administration of the personalized teaching system (Reigeluth, 2017), but it does not support personalized learning in a direct way. Although the students can choose within assignments, it is mostly the teachers who determine whether digital technology can be used to complete an assignment. As the teachers exchange their self-developed teaching materials with specifications for digital technology use and the master-learner system is implemented in each grade, School C is the only case in which a systematic use of digital technology becomes manifest. The personalization of the learning process is mainly achieved through the design of the task, and digital technology contributes to increasing the degree of individualization and interactivity in learning (Walkington & Bernacki, 2018). Nevertheless, the students' scope for opting for digital tools remains quite limited.

Considering these observations, the findings are rather disillusioning regarding the used potential of digital technology in schools with a school-wide approach to personalized learning. Our analyses point to a marked discrepancy between the well-researched potential of digital technology to enable and support personalized learning settings and the current, albeit frequent, use of it in practice. At least the three case-study schools do not seem to take (full) advantage of digital technology. While their teaching and learning

are already strongly oriented towards the individual needs of the students, the potential of adaptive technology to personalize learning is comparatively little and unsystematically exploited. Nevertheless, all principals and teachers consider their teaching developments towards personalized learning as successful, although with potential for further development. This discrepancy between the ideal and actual practice should be given more attention in research. To understand and overcome the apparent disconnection between expected possibilities to enhance personalized learning and actual use of digital technology in practice, more dialogue between researchers and schools' practitioners is needed. Researchers could support schools in integrating digital technology from the start in the implementation strategy of personalized learning concepts. Further, advice of researchers on specific adaptive tools could help to promote personalized learning, where the use of digital technology goes beyond organizational and administrative issues. In addition, schools could provide direct feedback if the input of researchers is not sufficiently applicable to practice. Greater collaborative exchange between researchers and schools could also provide input for future research that is better aligned with the needs and conditions of schools.

Limitations and future research

Although our study provides instructive insights into the practice of how digital technology is used in schools with a school-wide approach to personalized learning, it has a number of limitations. The interpretation of the findings rests on the assumption that a comparatively high level of technological modification to traditional forms of teaching is related to a systematic use at the school level. However, it could also be possible that schools with a—according to students' answers in the questionnaire—less frequent use of digital tools in the classroom have instituted the incorporation of digital technology more systematically at the school level. In order to verify or falsify this assumption, we need further studies with a larger sample whose schools differ in terms of the frequency with which they apply digital technology.

Furthermore, despite the triangulation of data, there may be distortions in the findings because the interviews with merely two teachers from different teams do not provide statements that are representative of all teachers within a school. Regarding the representativity of the sample, it is also important to note that the sample is limited to Switzerland. Therefore, the findings can only partially and cautiously be transferred to other countries. Moreover, the case studies are cross-sectional so that the digital technology-based teaching practices may have changed or further evolved in the meantime. In particular, the recent inclusion of media and computer education in the Swiss K-9 curriculum is likely to have increased the attention that is given to the inclusion digital technology not only in the schools themselves but also in teacher education and in-service training. Thus, it might be worthwhile for future research to focus on the impact of the new subject “Media and Computer Education” on the use digital technology in schools with personalized learning concepts.

Appendix

See Table 2.

Table 2 Key categories of the data analysis

School-related factors	Teacher readiness	Teaching and learning
General conditions	Skills about the digital technology use	General teaching system supported by digital technology
Quality of digital technology	Beliefs about the digital technology use	Input lessons supported by digital technology
Perceived importance of digital technology throughout school		Self-directed learning phases supported by digital technology
Head teacher support regarding digital technology use		Voice and choice regarding digital technology use
ICT support		
Teacher exchange regarding digital technology use		
Goal clarity regarding digital technology use		

Funding Open access funding provided by University of Fribourg. This work was supported by the Mercator Foundation under the Grant Number 2011-0244.

Declarations

Conflict of interest The authors declare that they have no conflicts of interest with regard to the research that is presented in this manuscript or its funding.

Research involving human participants This multiple-case study complies with the ethical standards of the American Psychological Association.

Informed consent Informed consent was obtained from all individual participants included in the study. All authors have materially participated and approved the final article.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

- Bingham, A. J., Pane, J. F., Steiner, E. D., & Hamilton, L. S. (2018). Ahead of the curve: Implementation challenges in personalized learning school models. *Educational Policy*, 32(3), 454–489.
- Bray, B., & McClaskey, K. (2015). *Make learning personal: The what, who, wow, where, and why*. Sage.
- Cornelius-White, J. (2007). Learner-centered teacher-student relationships are effective: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 77(1), 113–143. <https://doi.org/10.3102/003465430298563>
- Dabbagh, N., & Castaneda, L. (2020). The PLE as a framework for developing agency in lifelong learning. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09831-z>
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423–435.
- Every Student Succeeds Act, 20 U.S.C. §, 6301 (2015).
- Gierl, M., Bulut, O., & Zhang, X. (2018). Using computerized formative testing to support personalized learning in higher education. In R. Zheng (Ed.), *Digital technologies and instructional design for personalized learning* (pp. 99–119). IGI Global.
- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Huang, Y.-M., Liang, T.-H., Su, Y.-N., & Chen, N.-S. (2012). Empowering personalized learning with an interactive e-book learning system for elementary school students. *Educational Technology Research and Development*, 60(4), 703–722. <https://doi.org/10.1007/s11423-012-9237-6>
- Keefe, J. W. (2007). What is personalization? *Phi Delta Kappan*, 89(3), 217–223. <https://doi.org/10.1177/003172170708900312>
- Kim, R., Olfman, L., Ryan, T., & Eryilmaz, E. (2014). Leveraging a personalized system to improve self-directed learning in online educational environments. *Computers & Education*, 70, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.006>
- Law, N., Pelgrum, W. J., & Plomp, T. (2008). *Pedagogy and ICT use in schools around the world: Findings from the IEA SITES, 2006 study*. Springer.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718.
- Lee, D., Huh, Y., Lin, C.-Y., & Reigeluth, C. M. (2018). Technology functions for personalized learning in learner-centered schools. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1269–1302. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9615-9>
- Mayring, P. (2010). Qualitative inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch qualitative forschung in der psychologie* (pp. 601–613). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- McLoughlin, C., & Lee, M. J. W. (2010). Personalised and self-regulated learning in the Web 2.0 era: International exemplars of innovative pedagogy using social software. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), 28–43. <https://doi.org/10.14742/ajet.1100>

- Miliband, D. (2006). Choice and voice in personalised learning. In OECD (Ed.), *Schooling for tomorrow: Personalising education* (pp. 21–30). OECD Publishing.
- Nedungadi, P., & Raman, R. (2012). A new approach to personalization: Integrating e-learning and m-learning. *Educational Technology Research and Development*, 60(4), 659–678. <https://doi.org/10.1007/s11423-012-9250-9>
- Niederhauser, D. S., & Lindstrom, D. L. (2018). Instructional Technology integration models and frameworks: Diffusion, competencies, attitudes, and dispositions. In J. Voogt, G. Knezek, R. Christensen, & K.-W. Lai (Eds.), *Second handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 335–355). Springer.
- OECD. (2015). *Students, computers and learning: Making the connection*. OECD Publishing.
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., Hamilton, L. S., & Pane, J. D. (2017). *Informing progress: Insights on personalized learning implementation and effects*. RAND Corporation. Retrieved from RAND Corporation website. <https://doi.org/10.7249/RR2042>
- Petko, D., Prasse, D., & Cantieni, A. (2018). The interplay of school readiness and teacher readiness for educational technology integration: A structural equation model. *Computers in the Schools*, 35(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/07380569.2018.1428007>
- Petko, D., Schmid, R., Pauli, C., Stebler, R., & Reusser, K. (2017). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien: Neue Potenziale zur Gestaltung schülerorientierter Lehr- und Lernumgebungen. *Journal für Schulentwicklung*, 3(17), 31–39.
- Reigeluth, C. (2017). Designing technology for the learner-centered paradigm of education. In C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.), *Instructional-design theories and models, volume IV: The learner-centered paradigm of education* (pp. 287–316). Routledge.
- Reigeluth, C. M., Myers, R. D., & Lee, D. (2017). The learner-centered paradigm of education. In C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.), *Instructional-design theories and models* (Vol. IV, pp. 21–48). Routledge.
- Schmid, R., & Petko, D. (2019). Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students? *Computers & Education*, 136, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.006>
- Sebba, J., Brown, N., Steward, S., Galton, M., & James, M. (2007). *An investigation of personalised learning approaches used by schools*. DfES Publications.
- Stebler, R., Pauli, C., & Reusser, K. (2018). Personalisiertes Lernen -Zur Analyse eines Bildungsschlagwortes und erste Ergebnisse aus der perLen-Studie. *Zeitschrift Für Pädagogik*, 2(64), 159–178.
- Sweller, J., Kirschner, P. A., & Clark, R. E. (2007). Why minimally guided teaching techniques do not work: A reply to commentaries. *Educational Psychologist*, 42(2), 115–121.
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81(1), 4–28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: A systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 555–575. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9481-2>
- Twining, P., Heller, R. S., Nussbaum, M., & Tsai, C.-C. (2017). Some guidance on conducting and reporting qualitative studies. *Computers & Education*, 106, A1–A9. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.002>
- Underwood, J., Baguley, T., Banyard, P., Coyne, E., Farrington-Flint, L., & Selwood, I. (2007). *Impact, 2007: Personalising learning with technology*. British Educational Communications and Technology Agency.
- Waldrip, B., Cox, P., Deed, C., Dorman, J., Edwards, D., Farrelly, C., Keeffe, M., Lovejoy, V., Mow, L., Prain, V., & Sellings, P. (2014). Student perceptions of personalised learning: Development and validation of a questionnaire with regional secondary students. *Learning Environments Research*, 17(3), 355–370. <https://doi.org/10.1007/s10984-014-9163-0>
- Walkington, C., & Bernacki, M. L. (2018). Personalization of instruction: Design dimensions and implications for cognition. *The Journal of Experimental Education*, 86(1), 50–68.
- Walkington, C., & Bernacki, M. L. (2020). Appraising research on personalized learning: Definitions, theoretical alignment, advancements, and future directions. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 235–252. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1747757>
- Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Wang, C. C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers and Education*, 140, 103599. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research design and methods* (5th ed.). Sage.

- Zhang, L., Basham, J. D., & Yang, S. (2020a). Understanding the implementation of personalized learning: A research synthesis. *Educational Research Review*, 31, 100339. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100339>
- Zhang, L., Yang, S., & Carter, R. A. (2020b). Personalized learning and ESSA: What we know and where we go. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 253–274. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728448>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Regina Schmid is a PhD student at the University of Fribourg and a research associate at the Schwyz University of Teacher Education. Her research focuses on educational practices supported by technology, in particular on the integration of technology in schools with personalized learning concepts.

Christine Pauli is a Professor of Education at the University of Fribourg. Her research focuses on teaching and classroom discourse.

Dominik Petko is a Professor of Teaching and Educational Technology at the University of Zurich, where he trains preservice upper secondary school teachers. He has led a number of projects on educational technology integration in schools.

B: Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende kumulative Dissertation eigenständig und ohne unzulässige fremde Hilfe verfasst habe und sie noch an keiner anderen Fakultät vorgelegt habe.

Zürich, 2022

Unterschrift:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'S. Schmid', written in a cursive style.