

Computational-Thinking-Interventionen in der österreichischen Primarstufe

Effekte auf schlussfolgerndes und rechnerisches Denken sowie das Fähigkeitsselbstkonzept

Thomas Leitgeb¹  und Wolfram Rollett² 

¹ Private Pädagogische Hochschule Burgenland

² Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Zusammenfassung

Computational Thinking (CT) gilt zunehmend als zentrale Kompetenz für die Teilhabe in digital geprägten Lebenswelten. Da die technische Infrastruktur an Schulen vielfach begrenzt ist, gelten Unplugged-Aktivitäten (UA) ohne digitale Endgeräte als niedrigschwelliger Zugang zur CT-Förderung. Empirische Befunde zu deren längerfristigen Wirkungen, insbesondere in der Primarstufe und jenseits der Kompetenzdomäne CT, fehlen jedoch weitgehend. Die vorliegende quasiexperimentelle Feldstudie untersucht die Effekte einer über das Schuljahr 2020/21, pandemiebedingt mit alternierenden Präsenz- und Fernunterrichtsphasen, implementierten UA-basierten CT-Intervention («Logobox») in österreichischen Primarschulen. Zielvariablen waren schlussfolgerndes und rechnerisches Denken (CT-nahe kognitive Facetten) sowie das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (motivational-affektive Facette). Im Längsschnittdesign mit zwei Messzeitpunkten wurden Daten von 399 Kindern (Ø 8,3 Jahre) aus 18 Schulen erhoben; die Versuchsgruppe (n = 295) hatte ganzjährig Zugang zur «Logobox», die Kontrollgruppe (n = 104) nicht. Als Instrumente dienten zwei Subtests des Kognitiven Fähigkeitstests für Kinder (KFT 1–3) sowie eine Skala zum schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept. Die Auswertung erfolgte mittels Varianzanalysen mit Messwiederholung (Gruppe × Zeit) mit Schule als Clustervariable und multipler Imputation fehlender Werte. Für alle drei Zielvariablen zeigten sich signifikante Effekte kleiner Grösse zugunsten der Versuchsgruppe. UA-basierte CT-Programme können demnach in der Primarstufe CT-nahe kognitive sowie motivational-affektive Merkmale fördern.

Computational Thinking Interventions in Austrian Primary Schools. Effects on Reasoning, Arithmetic Thinking, and Ability Self-Concept

Abstract

Computational thinking (CT) is increasingly regarded as a key competence for participation in digitally shaped societies. Since technical infrastructure in schools is often limited, unplugged activities (UA) that teach computing concepts without digital devices are considered a low-threshold approach to fostering CT. However, empirical evidence on their longer-term effects, particularly at primary level and beyond the CT competence domain, remains scarce. This quasi-experimental field study examines the effects of a UA-based CT intervention («Logobox») implemented in Austrian primary schools throughout the 2020/21 school year, which, due to the pandemic, alternated between in-person and remote instruction. Outcome variables were inductive and numerical reasoning (CT-related cognitive facets) and school-related academic self-concept (motivational-affective facet). Using a longitudinal design with two measurement points, data were collected from 399 children (mean age 8.3 years) in 18 schools; the intervention group (n = 295) had access to the «Logobox» throughout the year, the control group (n = 104) did not. Instruments comprised two subtests of the Cognitive Abilities Test for Children (KFT 1–3) and a school-related academic self-concept scale. Data were analysed using repeated-measures ANOVAs (group × time), with school as a cluster variable and multiple imputation of missing values. Small but significant effects in favour of the intervention group emerged for all three outcomes. UA-based CT programmes can thus support CT-related cognitive as well as motivational-affective characteristics at primary level.

1. Einleitung

Die rasche Verbreitung digitaler Technologien verändert die Kompetenzanforderungen für gesellschaftliche Teilhabe zunehmend und grundlegend (World Economic Forum 2025; KMK 2016; Vuorikari et al. 2022). Vor diesem Hintergrund wird international bildungspolitisch und curricular das Ziel verfolgt, Schüler:innen systematisch Denk- und Problemlöseprozesse zu vermitteln, die grundlegenden informatischen Konzepten Rechnung tragen und einen reflektierten Umgang mit digitalen Technologien unterstützen. Als zentrale konzeptuelle Referenz fungiert hierfür seit Beginn der 2000er Jahre das Konzept des Computational Thinking (CT). Seine Wurzeln sind in Arbeiten verortet, die Lernen als konstruktiven Umgang mit computationalen Ideen und Artefakten begreifen (Papert 1980, 1993). Prominent in den Bildungsdiskurs eingeführt wurde CT durch Wing (2006, 2011). Eine konzeptuell prägnante Definition formuliert Aho (2012, 833) im Anschluss an Wing: CT bezeichnet «the thought processes involved in formulating problems so their solutions can be represented as computational steps and algorithms». CT

wird damit konzeptionell als Problemlösekompetenz bestimmt, die auf die Formulierung von Problemen und die Darstellung von Lösungen in Form algorithmisch beschreibbarer Schritte zielt (Wing 2006, 2011; Aho 2012). Zwischenzeitlich wurden CT und Coding in zahlreichen Bildungssystemen curricular verankert (z. B. in Neuseeland: Kellow 2019; im Vereinigten Königreich: Csizmadia et al. 2015; in Österreich: BMBWF 2022; Leitgeb et al. 2023; in Finnland: Bocconi et al. 2018; in Australien: Masters 2018), häufig mit Bezug auf die Förderung von «21st-century skills» (OECD 2022), wobei CT teils auch selbst als Schlüsselkompetenz gefasst wird (OECD 2025). In Deutschland hat die KMK 2024 mit ihrem Eckpunktepapier die digitale Medienbildung und die informatische Bildung für die Primarstufe gerahmt. Die curriculare Verbreitung verdeutlicht die wachsende Bedeutung, die CT international für schulisches Lernen in digitalen Kontexten zugeschrieben wird. Die curriculare Verankerung von CT wirft jedoch zugleich die praktische Frage auf, wie CT-Förderung unter realen Schulbedingungen, insbesondere angesichts begrenzter technischer Infrastruktur, didaktisch umgesetzt werden kann.

Didaktisch wird CT häufig über informatische Grundkonzepte erschlossen, wie sie insbesondere beim Programmieren zum Tragen kommen. Brennan und Resnick (2012) benennen hierfür unter anderem Sequenzierung, Schleifen, Parallelität, Ereignisse, Bedingungen, Operatoren, Variablen und Daten als zentrale Bausteine. Gleichzeitig wird CT als Bündel von Problemlösungs- und Modellierungsprozessen verstanden, wie algorithmisches Denken, bedingungslogisches Schlussfolgern, Dekomposition, Abstraktion, Mustererkennung, Parallelisierung, Evaluation und Generalisierung (Wing 2011; Astrachan und Briggs, 2012). CT lässt sich damit als Querschnittskompetenz fassen, die in unterschiedlichen Domänen für das Handeln und Problemlösen in einer zunehmend digital geprägten Umwelt anschlussfähig ist.

Mehrere der genannten CT-bezogenen Denkprozesse, insbesondere Mustererkennung, Abstraktion und logisches Schlussfolgern, stellen kognitive Anforderungen dar, die nicht ausschliesslich CT-spezifisch sind, sondern Überschneidungen mit schlussfolgerndem Denken (reasoning) bzw. mit Facetten des induktiven Schlussfolgerns aufweisen. So erfordert etwa das Erschliessen von Mustern in algorithmischen Strukturen ähnliche induktive Denkprozesse wie das Identifizieren von Gemeinsamkeiten in figurale Reihen; das Arbeiten mit Binärsystemen oder Sortiernetzwerken setzt quantitatives Denken voraus. Selby und Woollard (2013) sowie Shute et al. (2017) führen logisches Schlussfolgern als Facette von CT auf und verdeutlichen damit, dass CT-bezogene Denkprozesse kognitive Operationen einschliessen, die über den engeren informatischen Kontext hinaus bedeutsam und damit plausibel, aber zugleich distale Zielvariablen von CT-Lernangeboten sind.

Dass CT-bezogene Lernangebote positive Effekte auf CT-Kompetenzen haben können, ist sowohl durch zahlreiche Einzelstudien als auch durch metaanalytische Befunde relativ gut belegt. Dabei wurden domänenspezifische Kompetenzen wie CT-bezogene Denkprozesse (z. B. Dekomposition, Mustererkennung und algorithmisches Denken)

oder die Leistung in standardisierten CT-Tests untersucht (z. B. Brackmann et al. 2017; Chen et al. 2023; Huang und Looi 2021; Zhang et al. 2024). Eine Reihe von Wirkungsstudien hat darüber hinaus weitere kognitive Zielvariablen in den Blick genommen, die eine strukturelle Nähe zur CT-Domäne aufweisen (z. B. Reasoning oder mathematisches Denken). Auch hierfür liegen positive Befunde vor (Scherer et al. 2019; Simonsmeier et al. 2025), die sich jedoch überwiegend auf programmierbasierte Interventionen stützen. Inwieweit vergleichbare Effekte auch für Unplugged-Aktivitäten gelten, ist bislang empirisch kaum untersucht. Um diese Frage einordnen zu können, ist eine Unterscheidung nach Instruktionsformat erforderlich. Didaktisch wird dabei zwischen Unplugged-Aktivitäten (UA) und Plugged-in-Aktivitäten (PA) unterschieden. UA verzichten bewusst auf digitale Endgeräte und nutzen stattdessen Alltagsmaterialien, Spiele oder bewegungsorientierte Aufgaben, um informatische Kernideen wie Sequenzierung, Bedingungen und Wiederholungsstrukturen zu vermitteln (Bell et al. 2009; Bell und Vahrenhold 2018; Brackmann et al. 2017; Del Olmo-Muñoz et al. 2020; Moreno-León et al. 2018).

Aufgrund ihrer geringeren Abhängigkeit von technischer Infrastruktur gelten UA als potenziell ressourcenschonender und inklusiver Ansatz, da sie hardwarebezogene Zugangshürden und gerätespezifische Bedienanforderungen reduzieren. PA verwenden hingegen Computer bzw. digitale Geräte und ermöglichen es Lernenden, CT-Kompetenzen in Programmierumgebungen und mit Bildungssoftware zu erarbeiten und zu erproben (Moreno-León et al. 2018). Damit sind PA infrastrukturell voraussetzungsreicher, bieten jedoch zusätzliche Möglichkeiten, die Nutzung digitaler Werkzeuge für die Problemlösung erfahrbar zu machen und praktische Kompetenzen wie Debugging (AlQadi 2024) sowie Aspekte digitaler Kompetenz zu entwickeln (Eickelmann et al. 2019; Leitgeb et al. 2025).

Der Einsatz von UA erscheint insbesondere in der Primarstufe vielversprechend, da Kinder in diesem Alter eine Entwicklung durchlaufen, in der logische Operationen noch anschauungsgebunden sind (Piaget 1970; Sigelman und Rider 2021). Abstrakte Konzepte – wie sie informatische Grundideen darstellen – werden in diesem Alter zugänglicher, wenn sie über haptische Erfahrungen und körperlich eingebettete Handlungen erschlossen werden. UA entsprechen dieser Anforderungsstruktur, indem sie informatische Konzepte materialgebunden und sozial eingebettet erfahrbar machen und dadurch eine Brücke zu späteren, stärker abstrakt-technologiegestützten Lernformen bilden können (Looi et al. 2016). Entsprechend weisen metaanalytische Befunde darauf hin, dass junge Lernende stärker von UA profitieren als von PA (Simonsmeier et al. 2025).

Die vorliegende Arbeit untersucht die Effekte einer über ein Schuljahr implementierten, auf Unplugged-Aktivitäten ausgerichteten CT-Intervention («Logobox») auf das schlussfolgernde und rechnerische Denken sowie das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept von Schüler:innen der Primarstufe in Österreich. Die Studie untersucht damit nicht die Förderung von CT im engeren Sinne, sondern geht der Frage nach, ob eine UA-basierte CT-Intervention mit differentiellen Veränderungen in CT-nahen Facetten des induktiven Schlussfolgerns und im motivational-affektiven Bereich assoziiert ist.

Die Herleitung der Forschungsfragen sowie die Begründung der Variablenwahl – einschliesslich der Berücksichtigung motivational-affektiver Merkmale als Indikatoren einer über den kognitiven Bereich hinausreichenden Wirksamkeit – erfolgen auf Basis einer systematischen Auseinandersetzung mit dem einschlägigen Forschungsstand im folgenden Kapitel.

2. Wirksamkeit von Unplugged-Aktivitäten und Forschungsfragestellung

Für UA sind Wirksamkeitsnachweise hinsichtlich der Förderung von CT-Kompetenzen bereits vergleichsweise gut belegt. So konnten Zhang et al. (2024) und Huang und Looi (2021) metaanalytisch positive Effekte von UA auf CT-Kompetenzen bei Lernenden unterschiedlicher Altersgruppen nachweisen. Chen et al. (2023) berichten in ihrer Metaanalyse ($k = 49$) eine im Mittel deutlich positive Effektstärke von UA auf CT-Kompetenzen und identifizieren Schulstufe, Klassengrösse, Interventionsdauer sowie Materialart als bedeutsame Moderatorvariablen. Die Befunde von Li et al. (2022; $k = 29$; $n = 2.764$) weisen darauf hin, dass UA insbesondere in der Primarstufe effektiv sein können und dort – vor allem in fächerverbindenden Unterrichtssettings – einen besonders günstigen Kontext für die Förderung von CT darstellen. Dieser Befund korrespondiert mit der metaanalytischen Erkenntnis, dass Lernarrangements mit physisch-haptischen Elementen in der Primarstufe ein besonderes Potenzial für das Erlernen informatischer Konzepte entfalten können (vgl. Scherer et al. 2020). Auch weitere Studien konnten zeigen, dass sich durch UA bereits im Grundschulalter CT-bezogene Denkprozesse fördern lassen (Tsarava et al., 2018). In der quasi-experimentellen Interventionsstudie von Brackmann et al. (2017) zeigten sich für Kinder der fünften und sechsten Schulstufe ein signifikanter Zuwachs in einem standardisierten CT-Test zugunsten der Experimentalgruppe ($d = .59$). Nach der bisher vorliegenden Befundlage stellen UA somit einen wirksamen Zugang zur Förderung von CT-Kompetenzen dar, und dies gilt in besonderem Masse für jüngere Schüler:innen.

Die Befundlage zur Frage, inwieweit UA positive Effekte über CT-Kompetenzen hinaus entfalten können, ist dagegen sehr begrenzt. Dies gilt insbesondere in Bezug auf Nachweise für Effekte auf CT-nahe kognitive Kompetenzen. Die metaanalytischen Befunde von Scherer et al. (2019; $k = 105$; 539 Effektstärken) legen zwar nahe, dass CT-basierte Lernangebote Reasoning-Fähigkeiten (Hedges' $g = .37$) und mathematisches Denken ($g = .57$) fördern können. Diese Ergebnisse beruhen jedoch nahezu ausschliesslich auf programmierbasierten Interventionen. Ob UA vergleichbare Effekte auf schlussfolgerndes und rechnerisches Denken erzielen können, ist empirisch bislang nicht hinreichend geklärt. Belastbare Befunde dafür, dass UA über CT-Kompetenzen hinaus auch weitere kognitive Effekte entfalten können, fehlen zum gegenwärtigen Zeitpunkt. Vereinzelt Befunde liegen lediglich zu motivational-affektiven Merkmalen vor, etwa zur Lernmotivation und zum Engagement im Lernprozess (Del Olmo-Muñoz et al. 2020). Zugleich werden in der Forschung zu UA nicht-kognitive Zielvariablen insgesamt nur selten berücksichtigt (Dağ

et al. 2023). Dies ist insofern von Bedeutung, als schulische Lernangebote immer auch im Hinblick auf ihre Wirkungen auf die motivational-affektive Entwicklung von Schüler:innen zu evaluieren sind. Eine Zielvariable, die hierfür besonders relevant erscheint, ist das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (FSK), da es bedeutsame Beziehungen zu Lernmotivation, Leistungsverhalten und Schulleistung aufweist (Hansford und Hattie 1982; Wilkins 2004). Gleichzeitig besteht ein zentrales Element UA-basierter CT-Lernangebote darin, dass sie den teilnehmenden Schüler:innen wiederholte Erfahrungen mit kognitiv anspruchsvollen und herausfordernden Aufgaben ermöglichen, die gemeinsam mit Peers erfolgreich bewältigt werden können und bei denen Erfolgsrückmeldungen häufig in der Aufgabenbearbeitung selbst angelegt sind. Lernsettings dieser Art erscheinen geeignet, die Entwicklung des schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts mitzuprägen (vgl. Guay et al. 2003). Für programmierbasierte CT-Lernangebote wurde ein entsprechender Befund bereits berichtet (Leitgeb et al. 2023), für UA fehlt ein solcher Nachweis bisher. Aus der dargestellten Befundlage lassen sich drei Forschungslücken identifizieren, an denen die vorliegende Studie ansetzt. Erstens konzentriert sich die bisherige Forschung zu UA ganz überwiegend auf kurzfristige Effekte auf CT-Kompetenzen, während längerfristige Entwicklungsverläufe über ausgedehnte Implementationszeiträume nur selten untersucht werden (Chen et al. 2023). Zweitens werden schlussfolgerndes und rechnerisches Denken bislang kaum als Zielvariablen von UA-Interventionen herangezogen (Dağ et al. 2023), obwohl mehrere der in CT adressierten Denkprozesse hier substanzielle Überschneidungen aufweisen (Selby und Woollard 2013; Shute et al. 2017) und entsprechende Befunde für CT-basierte Lernangebote gut dokumentiert sind (Scherer et al. 2019; Simonsmeier et al. 2025). Drittens werden in der bisherigen UA-Forschung nicht-kognitive Zielvariablen nur selten berücksichtigt (Dağ et al. 2023). Dies gilt auch für Aspekte des schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts, obwohl es als bedeutsamer Prädiktor für Lernmotivation, Leistungsverhalten und Leistung gilt (Wilkins 2004; Hansford und Hattie 1982) und durch Erfahrungen mit Anforderungen, Erfolgen und Rückmeldungen im schulischen Kontext mitgeprägt wird (Guay et al. 2003). Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie nicht, ob UA CT-Kompetenzen fördern, dies kann auf Grundlage der referierten Evidenz als vergleichsweise gut belegt gelten. Stattdessen widmet sich die vorliegende Studie Zielvariablen mit einer weiteren Transferdistanz und geht der Fragestellung nach, ob eine über ein Schuljahr in der Primarstufe implementierte UA-basierte CT-Intervention mit differenziellen Veränderungen im schlussfolgernden und rechnerischen Denken sowie im schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept einhergeht:

1. Wie verändern sich das schlussfolgernde und das rechnerische Denken von Schüler:innen der Primarstufe im Verlauf eines Schuljahres in Abhängigkeit von der Teilnahme an einem auf UA-basierten CT-Lernangebot?
2. Wie verändert sich das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept von Schüler:innen der Primarstufe im Verlauf eines Schuljahres in Abhängigkeit von der Teilnahme an einem auf UA-basierten CT-Lernangebot?

3. Die Lernspielsammlung «Logobox»

Im Schuljahr 2020/21 wurde in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) das «Logobox»-Projekt an 18 österreichischen Primarschulen in den Bundesländern Burgenland, Niederösterreich, Steiermark und Wien implementiert (Leitgeb et al. 2021). Diese Schulen meldeten sich freiwillig für die Teilnahme an dem Projekt.

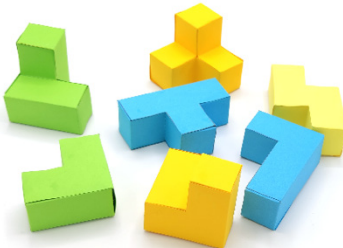
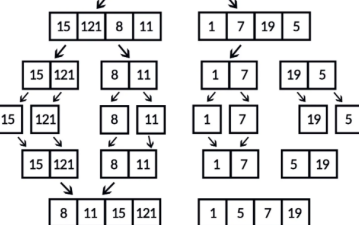
Ziel des Projekts war es, CT-bezogene Denkprozesse bei Primarschüler:innen durch den systematischen Einsatz von Unplugged-Aktivitäten zu fördern. Dazu wurde die Lernspielsammlung «Logobox» entwickelt (siehe Abbildung 1), die CT in unplugged-basierten Spiel- und Rätselsettings konkretisiert. Die «Logobox» umfasst 20 Spiele, die erste frühe schulische Lernerfahrungen mit CT-bezogenen Denkprozessen ermöglichen. Zu den eingesetzten Materialien zählen beispielsweise Spiele mit Binärwürfeln, 3D-Würfelpuzzles, Tic Tac Toe, Sortiernetzwerke und die Türme von Hanoi. Zahlreiche weiterführende Aufgaben unterschiedlicher Komplexität ermöglichen eine differenzierte Bearbeitung. Die Box ist so konzipiert, dass ca. 20 Schulkinder gleichzeitig in einem Stationenbetrieb spielen und arbeiten können (vgl. Leitgeb et al. 2021).



Abb. 1: Spiele und Aufgaben der «Logobox»

Didaktisch liegt der «Logobox» die Grundidee zugrunde, dass die Vermittlung informatischer Konzepte in der Primarstufe ohne digitale Endgeräte über haptisch erfahrbare Lernmaterialien und handlungsorientierte Erlebnisse zugänglich gemacht werden kann. Dabei stehen nicht allein Wissensinhalte im Vordergrund, sondern auch die Anbahnung grundlegender Problemlöse- und Denkstrategien, insbesondere algorithmischen Denkens. Indem die Spiele körperlich und sozial eingebettete Handlungssituationen schaffen, knüpfen sie an entwicklungspsychologische Annahmen an, wonach Kinder im Primarstufenalter beim Aufbau neuer Problemlösestrategien in besonderem Masse von konkreten, sinnlich erfahrbaren Handlungen und Materialien profitieren können (Sigelman und Rider 2021; Looi et al. 2016). Zugleich entspricht die materialgebundene, auf physische Erfahrungen aufbauende Konzeption der «Logobox» jenen Instruktionsansätzen, für die Scherer et al. (2020) wie auch Simonsmeier et al. (2025) in ihren Metaanalysen besonders ausgeprägte Effekte in der Primarstufe berichten.

Die Spiele der «Logobox» adressieren zentrale CT-bezogene Denkprozesse: algorithmisches Denken, bedingungslogisches Schlussfolgern, Dekomposition, Abstraktion, Mustererkennung, Parallelisierung, Evaluation und Generalisierung (Shute et al. 2017; Astrachan und Briggs 2012). Mehrere dieser Prozesse, insbesondere Mustererkennung, Abstraktion und logisches Schlussfolgern, weisen strukturelle Überschneidungen mit Anforderungen auf, die auch in Massen des induktiven Schlussfolgerns und des quantitativen Denkens operationalisiert werden (vgl. Scherer et al. 2019). So erfordert etwa das Erkennen von Mustern in Sortiernetzwerken oder Binärsystemen induktive Denkprozesse, die auch beim Identifizieren von Gemeinsamkeiten in figuralen Reihen zum Tragen kommen; das Arbeiten mit Binärwürfeln setzt quantitatives Denken voraus, das auch in mathematischen Kontexten relevant ist. Diese konzeptuelle Nähe begründet die Annahme, dass die «Logobox»-Intervention nicht nur CT-spezifische Lerngelegenheiten bietet, sondern auch mit Veränderungen im schlussfolgernden und rechnerischen Denken einhergehen kann. Tabelle 1 zeigt die Zuordnung ausgewählter Spiele zu den jeweils adressierten CT-bezogenen Denkprozessen und verdeutlicht, über welche Anforderungsstrukturen die Spiele Lerngelegenheiten für CT bereitstellen.

Ausgewählte Spiele der «Logobox»	Materialien	Adressierte CT-bezogene Denkprozesse
Pachisi mit Binärwürfel		algorithmisches Denken; bedingungslogisches Schlussfolgern; Mustererkennung; Evaluation; Generalisierung
Türme von Hanoi		Dekomposition; algorithmisches Denken; Abstraktion; Evaluation
3D-Würfelpuzzle		Abstraktion; Mustererkennung; Evaluation; Generalisierung
Tic Tac Toe		bedingungslogisches Schlussfolgern; algorithmisches Denken; Evaluation; Mustererkennung; Generalisierung
Sortiernetzwerke		Abstraktion; Parallelisierung; algorithmisches Denken; Evaluation; Generalisierung

Tab. 1: Zuordnung ausgewählter Spiele der «Logobox» zu den von ihnen adressierten CT-bezogenen Denkprozessen.

Um die Implementationsqualität zu unterstützen, wurde den Lehrkräften der beteiligten Schulklassen im Vorfeld eine modulare Fortbildungsreihe im synchronen Online-Format angeboten. Den Auftakt bildeten eine Online-Vorbesprechung sowie individuelle Online-Vorbesprechungen, in denen die «Logobox» und die wissenschaftliche Begleitung eingeführt sowie organisatorische und rollenbezogene Fragen geklärt wurden. Darauf folgten fünf pädagogisch-didaktische Lehrkräfteschulungen von jeweils ca. zwei Stunden, die die unterrichtliche Umsetzung vorbereiteten und didaktische Einsatzszenarien vertieften. Den Abschluss bildete eine sechste Einheit zur Einführung in das 3D-Druckverfahren, womit auch technische Erweiterungen der Materialbereitstellung adressiert wurden. Die Fortbildungen wurden durch umfangreiche Ressourcen ergänzt, insbesondere Arbeitsblätter und weiterführende Ideen für den unterrichtlichen Einsatz der «Logobox». Zusätzlich stand eine projektbezogene Webseite bereit, die relevanten Informationen und Materialien zentral bündelte und damit eine möglichst konsistente Nutzung der bereitgestellten Inhalte über Klassen hinweg unterstützen sollte. Daten zur tatsächlichen Nutzungshäufigkeit und -intensität der «Logobox» wurden allerdings nicht erhoben.

Das folgende Kapitel beschreibt Forschungsdesign, Stichprobe sowie die eingesetzten Erhebungsinstrumente, mit denen die Effekte der «Logobox»-Intervention auf das schlussfolgernde und rechnerische Denken sowie auf das schulbezogene Fähigkeits-selbstkonzept der teilnehmenden Schüler:innen untersucht wurden.

4. Forschungsdesign, Stichprobe und Methoden

Im Schuljahr 2020/21 wurde eine Längsschnittuntersuchung in der dritten Jahrgangsstufe an achtzehn österreichischen Primarschulen aus vier Bundesländern durchgeführt. Fünfzehn der Schulen liegen in einem ländlichen Einzugsgebiet und zeichnen sich durch eine relativ homogene Schülerschaft aus. Drei Schulen verfügen über ein grossstädtisches Einzugsgebiet und weisen eine stärkere soziale Durchmischung auf. Im Rahmen der Projektteilnahme verpflichteten sich die Schulen, die «Logobox» fächerübergreifend im regulären Unterricht einzusetzen. Darüber hinaus sollte den Schüler:innen die Möglichkeit gegeben werden, die «Logobox» auch während der Pausen sowie zu Hause zu nutzen. Den Angaben der Projektbeteiligten zufolge kamen die Schulen diesen Vorgaben nach. Insgesamt wurde die «Logobox» an den 18 teilnehmenden Schulen in 21 Klassen implementiert. An sechs dieser Schulen wurden jeweils die Parallelklassen als Kontrollgruppe herangezogen. Die Gruppenzuweisung erfolgte nicht randomisiert: Zunächst meldeten sich die Schulen freiwillig für die Teilnahme an der UA-Intervention, anschliessend entschieden einzelne Klassenlehrerinnen, die «Logobox» in ihren jeweiligen Klassen einzusetzen.

Mit Einwilligung der Erziehungsberechtigten nahmen 399 Schüler:innen an der Studie teil (204 Mädchen, 195 Jungen, Durchschnittsalter 8,3 Jahre). Von ihnen hatten 295 Kinder in dem Schuljahr Zugriff auf die «Logobox» (Versuchsgruppe), während dies auf 104 Kinder nicht zutraf (Kontrollgruppe).

Um Vorher-Nachher-Vergleiche zu ermöglichen, sah das Forschungsdesign einen Erhebungszeitpunkt zu Beginn des Schuljahres (Messzeitpunkt 1, MZP 1, September 2020) und einen zum Ende des Schuljahres (Messzeitpunkt 2, MZP 2, Juni 2021) vor. Das Schuljahr 2020/21 war stark durch die COVID-19-Pandemie geprägt. Von den insgesamt 38 Unterrichtswochen des Schuljahres wurden 21 Wochen in Präsenz und 17 Wochen im Fernunterricht abgehalten. Die Präsenzphasen konzentrierten sich hauptsächlich auf den Beginn und das Ende des Schuljahres. Im Schuljahr gab es weitreichende gesellschaftliche Massnahmen zur Eindämmung der Pandemie. Dazu gehörten unter anderem ein vierzehntägiger «Light»-Lockdown mit Ausgangsbeschränkungen und Einschränkungen für Veranstaltungen und Versammlungen sowie drei «harte» Lockdowns mit ganztägigen Ausgangsbeschränkungen, die insgesamt 61 Tage andauerten. Sofern in Klassen COVID-19-Fälle auftraten, hatte dies Unterrichtsausfälle oder zusätzliche Zeiten im Fernunterricht zur Folge. Die Implementierung der «Logobox» erfolgte daher unter Bedingungen wiederholter Wechsel von Präsenz- und Fernunterricht sowie zusätzlicher Unterrichtsausfälle. Während der pandemiebedingten Schulschliessungen erhielten die Schüler:innen die Möglichkeit, ausgewählte Spiele der «Logobox» mit nach Hause zu nehmen; dieses Angebot nutzten 183 der 295 Schüler:innen.

4.1 Unabhängige Variablen

Die Erhebung der unabhängigen Variablen erfolgte zum ersten Messzeitpunkt (MZP 1). Die eingesetzten Instrumente wurden für die Bearbeitung durch Kinder ab acht Jahren angepasst, insbesondere im Hinblick auf Itemzahl und Antwortoptionen.

Das Geschlecht der Teilnehmenden wurde im Rahmen der Datenerhebung als kategoriale Variable mit den Ausprägungen *männlich* und *weiblich* erfasst und für die statistische Analyse dichotom kodiert (0 = Jungen, 1 = Mädchen). Aus Datenschutzgründen wurde das Alter der Kinder dichotom über das Geburtsjahr bestimmt (0 = Geburtsjahrgänge 2012 und 2013, 1 = Geburtsjahrgang 2011).

Der Migrationshintergrund wurde einerseits durch Fragen nach dem Geburtsland des Kindes («Wurdest du in Österreich geboren?») und andererseits nach der im Haushalt gesprochenen Sprache («Sprichst du zu Hause eine andere Sprache als Deutsch?») erfasst. Kindern, die im Ausland geboren wurden oder zu Hause eine andere Sprache als Deutsch sprachen, wurde ein Migrationshintergrund zugeschrieben (0 = kein Migrationshintergrund, 1 = mit Migrationshintergrund).

Als Indikator für den bildungsbezogenen Hintergrund der Familien diente der höchste schulische Abschluss der Eltern, erfasst in Kategorien, die den Abschlüssen des österreichischen Bildungssystems entsprechen: 1) kein Abschluss, 2) Pflichtschulabschluss, 3) Matura und 4) unbekannt. Familien wurde dann ein höheres schulisches Bildungsniveau zugeschrieben, wenn mindestens ein Elternteil über die Matura verfügte (0 = kein höherer schulischer Bildungsabschluss, 1 = höherer schulischer Bildungsabschluss).

Die Anzahl der Bücher zu Hause (Wendt et al. 2017, 43) wurde als weiterer Indikator des soziokulturellen Hintergrunds erhoben (0–10, 11–25, 26–100, 101–200, über 200). Die Items waren mit Illustrationen für verschiedene Büchermengen versehen.

Zur Einschätzung des sozioökonomischen Hintergrunds wurden in Anlehnung an PISA 2015 (Mang et al. 2019, 28) Indikatoren des Familienwohlstands erhoben. Mit vier dichotomen Items wurde das Vorhandensein eines Fernsehers, einer oder mehrerer Musikinstrumente, eines Rasenmähers und eines zweiten Autos im Haushalt abgefragt. Die Kinder konnten jeweils mit «ja» (=1) oder «nein» (=0) antworten. Die interne Konsistenz dieser Items lag bei Cronbachs $\alpha = .70$ ($.60 \leq r_{it} \leq .67$).

4.2 Abhängige Variablen

Zur Erfassung des schlussfolgernden und rechnerischen Denkens der Schülerinnen und Schüler wurden zu beiden Erhebungszeitpunkten die Subtests «Schlussfolgerndes Denken» und «Rechnerisches Denken» aus dem Kognitiven Fähigkeitstest für Kinder (KFT 1–3; Heller und Geisler 1983) eingesetzt. Im Subtest «Schlussfolgerndes Denken» müssen die Kinder identifizieren, «...unter welchem Aspekt sich jeweils vier von fünf vorgegebenen Bildvorlagen gleichen» (Heller und Geisler 1983, 6). Der Subtest «Rechnerisches Denken» überprüft das Verständnis der Kinder für Zahlen und quantitative Konzepte. Beide Subtests beinhalten jeweils 15 Fragen, wobei richtige Antworten mit einem Punkt bewertet werden, während für falsche oder nicht gegebene Antworten null Punkte vergeben werden. Laut dem Testmanual erreicht der Subtest «Schlussfolgerndes Denken» eine interne Konsistenz von Cronbachs $\alpha = .56$ und eine Retest-Reliabilität von $r_{tt} = .69$ über einen Zeitraum von fünf Wochen. Für den Subtest «Rechnerisches Denken» werden $\alpha = .77$ und $r_{tt} = .65$ berichtet. In der vorliegenden Studie lagen die Reliabilitäten in vergleichbarer Größenordnung (Schlussfolgerndes Denken: $\alpha = .61$ ($.53 \leq r_{it} \leq .62$, MZP 1) bzw. $\alpha = .60$ ($.55 \leq r_{it} \leq .60$, MZP 2), $r_{tt} = .67$; Rechnerisches Denken: $\alpha = .78$ ($.74 \leq r_{it} \leq .80$, MZP 1) bzw. $\alpha = .80$ ($.77 \leq r_{it} \leq .81$, MZP 2), $r_{tt} = .77$). Alle berichteten Analysen wurden auf der Grundlage der Rohwerte durchgeführt.

Die Wahl eines kognitiven Fähigkeitstests als Zielvariable einer CT-spezifischen Intervention beruht auf der Annahme, dass die in den «Logobox»-Spielen adressierten CT-bezogenen Denkprozesse, insbesondere Mustererkennung, Abstraktion und logisches Schlussfolgern, kognitive Anforderungsstrukturen teilen, die auch in den KFT-Subtests operationalisiert sind (Scherer et al. 2019). Der KFT bildet jedoch keine CT-spezifischen Kompetenzen ab. Die beobachteten Effekte sind daher als Hinweise auf mögliche distale Transfereffekte zu interpretieren.

Die Skala für das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SFSK), entwickelt in Anlehnung an bestehende Instrumente zur Messung des akademischen Selbstkonzepts von Schüler:innen, umfasst fünf Items, die auf einer dreistufigen Likert-Skala (3 = trifft zu, 2 = unsicher, 1 = trifft nicht zu) bewertet werden. Die Items lauten: «Ich bin in einem

Unterrichtsfach besonders gut», «Ich lerne in den meisten Fächern schnell», «Ich erziele in den meisten Fächern gute Noten», «Mir fällt es leicht, Neues zu lernen» und «Ich halte mich für schulisch begabt». Die Konstruktion der Items basierte auf der Definition des akademischen Selbstkonzepts nach Dickhäuser et al. (2002). Die Skala zum schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept (SFSK) wurde zu beiden Messzeitpunkten (MZIP 1 und MZIP 2) eingesetzt. Die Skalenwerte wurden durch Mittelwertbildung über alle Items berechnet. Die Eindimensionalität der Skala wurde mittels explorativer Faktorenanalyse überprüft, wobei das Bartlett-Chi-Quadrat und der Kaiser-Meyer-Olkin-Index (KMO) die Eignung der Skalenkonstruktion bestätigten. Die interne Konsistenz der Skala erwies sich zu beiden Messzeitpunkten als zufriedenstellend (Cronbachs α : MZIP 1 = .72; MZIP 2 = .74).

Die SFSK-Skala erfasst das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept und ist nicht domänenspezifisch auf CT zugeschnitten. Da zum Zeitpunkt der Studienkonzeption keine validierten deutschsprachigen Skalen für ein CT-spezifisches Selbstkonzept in der Primarstufe vorlagen und die Intervention fächerübergreifend implementiert wurde, erschien das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept trotz einer voraussichtlich geringeren Interventionssensibilität als geeignete Zielvariable. Allerdings ist aus theoretischer Perspektive zu erwarten, dass domänenspezifische Interventionen primär bereichsspezifische Selbstkonzeptfacetten beeinflussen (Marsh und Craven 2006), sodass Effekte auf die SFSK als konservative Schätzung gelten können. Zudem hätte das verwandte Konstrukt der Selbstwirksamkeit (Bandura 1997), das stärker handlungsbezogen und veränderungssensitiv ist, eine ergänzende Perspektive eröffnet. Für zukünftige Studien wird daher empfohlen, zusätzlich CT-bezogene Selbstkonzept- und Selbstwirksamkeitsskalen einzusetzen (vgl. Limitationen).

4.3 Datenanalyse

Zur Analyse der Effekte der UA-basierten CT-Intervention («Logobox») auf das schlussfolgernde und rechnerische Denken und das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (SFSK) wurden gemischte Varianzanalysen mit Messwiederholung (Mixed RM-ANOVAs) durchgeführt. Als Innersubjektfaktor fungierte die Zeit (MZIP 1, MZIP 2), als Zwischensubjektfaktor die Gruppenzugehörigkeit (Versuchsgruppe vs. Kontrollgruppe). Geprüft wurde die Interaktion Gruppe $\times$ Zeit, die anzeigt, ob sich die beiden Gruppen über die Zeit unterschiedlich entwickelten. Effektgrößen werden als partielles η^2 berichtet und nach den Konventionen von Cohen (1988) interpretiert. Alle berichteten Analysen der KFT-Subtests wurden auf Grundlage der Rohwerte durchgeführt.

Um der geschachtelten Datenstruktur (Schüler:innen innerhalb von Schulen) Rechnung zu tragen, wurden alle Varianzanalysen mit Messwiederholung in Mplus (Version 8.10; Muthén und Muthén 2017) unter Verwendung einer Cluster-Korrektur geschätzt (TYPE = COMPLEX, CLUSTER = Schule), die die Standardfehler und Teststatistiken für die Nicht-Unabhängigkeit der Beobachtungen innerhalb von Schulen adjustiert. Alle

Signifikanztests waren zweiseitig mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = .05$. Fehlende Werte wurden mittels multipler Imputation behandelt (siehe Abschnitt «Fehlende Werte»); alle berichteten Ergebnisse basieren auf den imputierten Datensätzen. Eine Monte-Carlo-Simulation in Mplus (1000 Replikationen) ergab für die geplanten Analysen bei $k = 18$ Clustern, $ICC = .07$, $\alpha = .05$ und einer erwarteten Interaktionseffektgrösse von $\eta^2 = .02$ eine statistische Power von .68 für die Detektion signifikanter Gruppe $\times$ Zeit-Effekte. Dies liegt unter der konventionellen Empfehlung von .80, weshalb die Befunde mit Vorsicht zu interpretieren sind und Replikationen mit grösseren Cluster-Stichproben erforderlich sind.

Hinsichtlich des soziokulturellen und sozioökonomischen Hintergrunds wiesen Versuchs- und Kontrollgruppe vergleichbare Zusammensetzungen auf (siehe Tabelle 2). In den berücksichtigten Hintergrundmerkmalen Geschlecht, Anzahl der Bücher zu Hause, Migrationshintergrund, schulischer Bildungshintergrund der Eltern und Familienwohlstand zeigten sich keine signifikanzstatistisch nachweisbaren Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

	Versuchsgruppe MW (s)	Kontrollgruppe MW (s)	χ^2 - bzw. Z-Werte p
Geschlecht ¹	.48	.51	$\chi^2 = .22$.641
Anzahl der Bücher zu Hause	3.27 (1.24)	3.29 (1.35)	Z = -.24 .806
Migrationshintergrund ²	.17	.15	$\chi^2 = .24$.621
Schulischer Bildungshintergrund der Eltern ⁴	.51 (.50)	.47 (.50)	$\chi^2 = .60$.439
Familienwohlstand	.72 (.30)	.67 (.32)	Z = -1.52 .128

Datengrundlage: Multipel imputierte Daten; $n = 399$, $n_{VG} = 295$, $n_{KG} = 104$. ** $p < .01$ (zweiseitig). 1 Geschlecht: 0 = männlich, 1 = weiblich. 2 Migrationshintergrund: 1 = mit Migrationshintergrund, 0 = ohne Migrationshintergrund. KFT 1–3 Schlussfolgerndes Denken MZP 1. 4 Schulischer Bildungshintergrund der Eltern: 1 = mindestens ein Elternteil mit allgemeiner Hochschulreife, 0 = kein Elternteil mit allgemeiner Hochschulreife.

Tab. 2: Vergleich der Zusammensetzung von Versuchs- und Kontrollgruppe (χ^2 bzw. Mann-Whitney-U-Tests).

Der Vergleich der Ausgangswerte für die drei abhängigen Variablen zu MZP 1 ergab ein marginal signifikantes Ergebnis für das schlussfolgernde Denken zugunsten der Kontrollgruppe ($t = 1.82$, $p = .069$, $d = .20$), ein signifikantes Ergebnis für das rechnerische Denken zugunsten der Versuchsgruppe ($t = 2.01$, $p = .041$, $d = .26$) und ein nicht signifikantes Ergebnis für das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept ($t = 1.10$, $p = .268$, $d = .13$).

4.4 Fehlende Werte

In der Stichprobe von 399 Schülerinnen und Schülern nahmen 349 (87,5 Prozent) am ersten und 369 (92,5 Prozent) am zweiten Messzeitpunkt teil. Bei den abhängigen Variablen «Schlussfolgerndes Denken» und «Rechnerisches Denken» sowie «schulbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept» (SFSK) waren zum ersten bzw. zweiten Messzeitpunkt jeweils 3,6 Prozent der Daten beim schlussfolgernden Denken, 3,2 Prozent und 2,9 Prozent beim rechnerischen Denken sowie 3,5 Prozent und 1,9 Prozent beim schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept unvollständig. Für die Schätzung dieser fehlenden Daten wurden multiple Imputationstechniken verwendet (Royston et al. 2009). Als Hilfsvariablen für die Imputation dienten die folgenden Angaben: Schule, Alter, Geschlecht, Migrationshintergrund, Bildungshintergrund der Eltern, familiärer Wohlstand, Ressourcen im Haushalt, Anzahl der Bücher zu Hause, Familiensprache sowie die Rohwerte von schlussfolgerndem und rechnerischem Denken zum ersten Messzeitpunkt. Es wurde angenommen, dass die Daten «missing at random» (MAR) sind, was bedeutet, dass das Fehlen der Daten mit anderen beobachteten Daten zusammenhängt (Göthlich 2007, 121). Für die Imputation kamen der Multiple-Imputation-by-Chained-Equations-Algorithmus (MICE) (van Buuren und Groothuis-Oudshoorn 2011) und der Imputationsalgorithmus Classification and Regression Trees (CART) zur Anwendung, wobei 20 Imputationen und 40 Iterationen durchgeführt wurden (Graham et al. 2007). Die Imputation führte zu keinen bedeutenden Änderungen in den Mittelwerten und Standardabweichungen der analysierten Variablen.

5. Ergebnisse

In Tabelle 3 sind die Mittelwerte und Streuungen der Versuchs- und der Kontrollgruppe für die Skalen Schlussfolgerndes Denken und Rechnerische Denken des KFT 1–3 (Heller und Geisler 1983) zu den beiden MZP sowie die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertungen für die zu prüfenden Interaktionseffekte angeführt. Für das schlussfolgernde Denken zeigt sich eine signifikante Interaktion zwischen Gruppenfaktor und Zeit ($F(1, 16) = 8.62^{**}$, $p = .004$). Mit einem partiellen η^2 von .021 handelt es sich nach Cohen (1988) um einen Effekt kleiner Grösse zugunsten der Schüler:innen, die am Projekt «Logobox» teilgenommen haben. In der Versuchsgruppe zeigte sich im Untersuchungszeitraum ein Zuwachs, während die Werte in der Kontrollgruppe stagnierten. Ähnlich fallen die Befunde für das rechnerische Denken aus. Auch hier zeigt sich eine signifikante Interaktion Gruppe x Zeit ($F(1, 16) = 9.60$, $p = .002$) mit einem partiellen η^2 von .024 zugunsten der Schüler:innen des Projekts «Logobox».

Abhängige Variable	Gruppe	MZP 1 MW (s)	MZP 2 MW (s)	Interaktionseffekte Gruppe × Zeit	
				F(df1, df2) (p)	Partielles η^2
Schlussfolgerndes Denken	VG	10.55 (2.03)	11.28 (2.20)	8.62** (1, 16) (.004)	.021
	KG	10.91 (1.59)	10.91 (1.67)		
Rechnerisches Denken	VG	10.89 (2.12)	11.64 (2.20)	9.60** (1, 16) (.002)	.024
	KG	11.21 (2.45)	11.08 (2.50)		

Datengrundlage: multipl imputierte Daten; n = 399, nVG = 295, nKG = 104. ** p < .01 (zweiseitig).

Tab. 3: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung (cluster = Schule) für die Skalen schlussfolgerndes und rechnerisches Denken (KFT 1–3; Heller und Geisler 1983).

In Tabelle 4 sind die Mittelwerte und Streuungen der Versuchs- und der Kontrollgruppe für die Skala schulbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept (SFSK) zu MZP 1 und MZP 2 sowie die Ergebnisse der Testung des Interaktionseffekts angeführt. Es zeigt sich eine signifikante Interaktion zwischen Gruppenfaktor und Zeit ($F(1, 16) = 4.068^*$, $p = .044$) zugunsten der Schüler:innen, die am Projekt «Logobox» teilgenommen haben. Mit einem partiellen η^2 von .010 handelt es sich nach Cohen (1988) um einen kleinen Effekt.

Abhängige Variable	Gruppe	MZP 1 MW (s)	MZP 2 MW (s)	Interaktionseffekt Gruppe x Zeit	
				F (df1, df2) (p)	Partielles η^2
Schulbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept (SFSK)	VG	2.65 (.36)	2.77 (.35)	4.07* (1, 16) (.044)	.010
	KG	2.74 (.32)	2.71 (.44)		

Datengrundlage: Multipl imputierte Daten; n = 399, nVG = 295, nKG = 104. ** p < .01; * p < .05 (zweiseitig).

Tab. 4: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung (cluster = Schule) für die Skala schulbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept (SFSK).

6. Diskussion

Computational Thinking (CT) wird international als zentrale Kompetenz für gesellschaftliche Teilhabe diskutiert und zunehmend curricular verankert (Wing 2006; OECD 2025). Unplugged-Aktivitäten (UA) gelten als niedrigschwelliger Zugang zur CT-Förderung, dessen Potenzial metaanalytisch belegt ist (Chen et al. 2023; Li et al. 2022). Allerdings fokussiert die bisherige Forschung überwiegend auf kurzfristige CT-spezifische Outcomes;

längerfristige Effekte auf CT-nahe kognitive Zielvariablen und motivational-affektive Variablen wie das Fähigkeitsselbstkonzept sind kaum untersucht (Dağ et al. 2023). Die vorliegende Studie adressierte diese Lücke, indem sie die Effekte einer über ein Schuljahr implementierten UA-basierten CT-Intervention («Logobox») auf das schlussfolgernde und rechnerische Denken sowie das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept von Primarstufenschüler:innen untersucht (n = 399; 18 Schulen). Das Forschungsdesign sah zwei Messzeitpunkte vor. Varianzanalysen mit Messwiederholung ergaben signifikante Interaktionseffekte (Gruppe × Zeit) zugunsten der Versuchsgruppe für alle drei Zielvariablen.

Die inferenzstatistischen Analysen ergaben signifikante Interaktionseffekte (Gruppe × Zeit) zugunsten der Versuchsgruppe für das schlussfolgernde Denken (partielles $\eta^2 = .021$), das rechnerische Denken (partielles $\eta^2 = .024$) und das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (partielles $\eta^2 = .010$). Diese Befunde deuten darauf hin, dass die Teilnahme an der UA-basierten CT-Intervention mit differenziellen Veränderungen in CT-nahen kognitiven Zielvariablen und im schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept assoziiert ist.

Die vorliegende Studie erweitert diesen Kenntnisstand, indem sie über CT-spezifische Outcomes hinausgeht und Hinweise auf differenzielle Veränderungen in schlussfolgerndem und rechnerischem Denken sowie im schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept gibt – Zielvariablen, die bislang nur randständig berücksichtigt wurden (Dağ et al. 2023). Hinsichtlich der kognitiven Zielvariablen sind die Befunde konsistent mit Scherer et al. (2019), wobei der empirische Nachweis breiter Transfereffekte domänenspezifischer Trainings auf allgemeine kognitive Fähigkeiten kontrovers diskutiert wird (Sala und Gobet 2017). Die Effekte auf die KFT-Subtests sind daher als Hinweise auf mögliche distale Transfereffekte zu interpretieren.

Bezüglich des Fähigkeitsselbstkonzepts steht der kleine, aber signifikante Effekt in Einklang mit Befunden zu positiven Zusammenhängen zwischen CT-Interventionen und motivational-affektiven Merkmalen (Leitgeb et al., 2023). Gemäss dem Modell domänenspezifischer Selbstkonzeptfacetten (Marsh und Craven 2006; Shavelson et al. 1976) wäre primär eine bereichsspezifische Wirkung zu erwarten. Der Effekt auf das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept lässt daher unterschiedliche Deutungen zu.

Die Interpretation erfordert eine Auseinandersetzung mit konkurrierenden Erklärungsansätzen. Erstens zeigte die Kontrollgruppe keinen Zuwachs im schlussfolgernden Denken (MW: 10.91 → 10.91) und einen leichten Rückgang im rechnerischen Denken (MW: 11.21 → 11.08). Dieses Muster ist vor den erheblichen pandemiebedingten Unterrichtseinschränkungen zu interpretieren (vgl. Rollett et al. 2022). Die Interaktionseffekte könnten daher weniger einen interventionsbedingten Zugewinn als vielmehr eine kompensatorische Wirkung der «Logobox» widerspiegeln, die pandemiebedingte Entwicklungsverluste abgefedert hat, zumal die geräteunabhängige «Logobox» auch während der Schulschliessungen im häuslichen Umfeld einsetzbar war (62 % Nutzung). Zweitens

ist eine Konfundierung durch die begleitende Lehrkräftefortbildung nicht auszuschließen, da ausschliesslich die Versuchsgruppe eine modulare Qualifizierung erhielt und keine aktive Kontrollgruppe implementiert wurde. Drittens kann der Effekt auf das schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzept neben interventionsspezifischer Wirkung auch auf unspezifische Faktoren (Neuartigkeit der Aktivitäten, kooperative Settings, erhöhte Lehrkräfteaufmerksamkeit) zurückgehen.

6.1 Limitationen

Die Studie weist methodische Limitationen auf, die für die Einordnung der berichteten Befunde von Bedeutung sind. Sie basiert auf einer Gelegenheitsstichprobe von 18 Primarschulen aus vier österreichischen Bundesländern (N = 399, dritte Jahrgangsstufe) mit überwiegend ländlichem Einzugsgebiet. Die Gruppenzuweisung erfolgte nicht randomisiert, da sich die Schulen freiwillig meldeten und einzelne Klassenlehrerinnen die «Logobox» in ihren Klassen implementierten. Eine Kontrollgruppe konnte lediglich an sechs der achtzehn Schulen durch Heranziehen der Parallelklassen gebildet werden, da die übrigen Schulen die «Logobox» in allen Klassen der Jahrgangsstufe einsetzten. Auch wenn keine signifikanten Unterschiede in den Ausgangsbedingungen nachweisbar waren, können Selektionseffekte nicht ausgeschlossen werden. Versuchs- und Kontrollgruppe wurden asymmetrisch behandelt. In der Versuchsgruppe wurde vor der UA-Intervention eine Fortbildung zur Spielesammlung «Logobox» angeboten. Die Kontrollgruppe wurde nicht in gleicher Weise aktiviert. Durch die COVID-19-Pandemie fanden von 38 Unterrichtswochen 17 im Fernunterricht statt. 183 von 295 Kindern (62%) nutzten «Logobox»-Spiele zu Hause. Weitere Daten zur tatsächlichen Nutzung im Sinne der Einsatzhäufigkeit, -dauer und -intensität der «Logobox» liegen nicht vor.

Die für die abhängigen Variablen signifikanzstatistisch nachgewiesenen Effekte sind von kleiner Grösse (Cohen 1988), was Fragen der praktischen Bedeutsamkeit aufwirft. Gleichzeitig wurden mit schlussfolgerndem und rechnerischem Denken Effekte auf CT-nahe Zieldimensionen, aber nicht auf CT-spezifische Kompetenzen mit einer geringeren Transferdistanz geprüft. Die Reliabilitäten der beiden KFT-Subskalen können zu einer Unterschätzung der berichteten positiven Effekte beigetragen haben. Mit dem schulbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept wurden auch hier Effekte auf eine nicht CT-spezifische Komponente geprüft und nachgewiesen. Nach Marsh und Craven (2006) wäre primär eine Wirkung im Kompetenzbereich der Intervention zu erwarten gewesen. Die Mittelwerte der eingesetzten Skala deuten zudem auf mögliche Deckeneffekte hin. Replikationsstudien sollten mit randomisiertem Design, aktiver Kontrollgruppe und CT-spezifischeren abhängigen Variablen durchgeführt werden.

6.2 Implikationen und Ausblick

Die berichteten Befunde fügen sich grundsätzlich gut in den Forschungsstand ein und liefern weitere Hinweise darauf, dass Unplugged Activities einen niedrighschwelligen Zugang zur CT-Förderung in der Primarstufe bieten können. Zudem sind sie – anders als ausschliesslich digital gestützten CT-Lernangebote – auch in Situationen einsetzbar, in denen die digitale Infrastruktur begrenzt ist. Material- und spielebasierte Lernangebote können damit auch dann zur Förderung von CT eingesetzt werden, wenn die technische Ausstattung nicht in ausreichendem Masse zur Verfügung steht. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen zudem auf die Möglichkeit hin auch CT-nahe Kompetenzen über CT-spezifische Outcomes hinaus mittels UA zu fördern. Sie können als vorsichtige Hinweise auf ein mögliches Transferpotenzial von UA-basierter CT-Lernangebote verstanden werden. Der zu UA vorliegende Forschungsstand belegt, dass kindgerechte, spielerisch konzipierte CT-Lernangebote, wie sie die «Logobox» darstellt, es erlauben, auch jüngere Lernende produktiv an informatische Denkweisen heranzuführen. Damit eröffnet sich eine vielversprechende Perspektive für die Primarstufendidaktik: CT-Förderung muss weder zwingend an digitaler Infrastruktur noch grundsätzlich am Alter der Lernenden scheitern.

Benötigt werden in weiterer Folge randomisierte kontrollierte Designs mit CT-spezifischen Outcomes, domänenspezifischen motivational-affektiven Skalen und einer systematischen Erfassung der Implementationqualität, um das Potenzial von UA-basierten Interventionen für die Förderung kognitiver und motivational-affektiver Entwicklungsprozesse von Kindern im Grundschulalter belastbar auszuloten.

Literatur

- Aho, Alfred V. 2012. «Computation and Computational Thinking». *Computer Journal* 55 (7): 832–35. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>.
- AlQadi, Basma S. 2024. «Enhancing Novice Programmers' Debugging Skills through Systematic Education: A Comparative Study». *IEEE Access* 12: 186553–67. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3509641>.
- Astrachan, Owen, und Amy Briggs. 2012. «The CS Principles Project». *ACM Inroads* 3 (2): 38–42. <https://doi.org/10.1145/2189835.2189849>.
- Bandura, Albert. 1997. *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. New York: W. H. Freeman.
- Bell, Tim, Jason Alexander, Isaac Freeman, und Mick Grimley. 2009. «Computer Science Unplugged: School Students Doing Real Computing without Computers». *New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology* 13 (1): 20–29.
- Bell, Tim, und Jan Vahrenhold. 2018. «CS Unplugged—How Is It Used, and Does It Work?» In *Adventures between Lower Bounds and Higher Altitudes: Essays Dedicated to Juraj Hromkovič on the Occasion of His 60th Birthday*, herausgegeben von Hans-Joachim Böckenhauer, Dennis Komm, and Walter Unger, 497–521. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98355-4_29.

- Bocconi, Stefania, Augusto Chiocciariello, und Jeffrey Earp. 2018. *The Nordic Approach to Introducing Computational Thinking and Programming in Compulsory Education*. Report prepared for the Nordic@BETT2018 Steering Group. <https://doi.org/10.17471/54007>.
- Brackmann, Christian P., Marcos Román-González, Gregorio Robles, Jesús Moreno-León, Ana Casali, und Dante Barone. 2017. «Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School». In *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, 65–72. New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/3137065.3137069>.
- Brennan, Karen, und Mitchel Resnick. 2012. «New Frameworks for Studying and Assessing the Development of Computational Thinking». Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, BC, Canada.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. 2022. *Verordnung des Bundesministers für Bildung, Wissenschaft und Forschung, mit der die Verordnung über die Lehrpläne der Mittelschulen sowie die Verordnung über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen geändert werden*. BGBl. II Nr. 267/2022. Wien: Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS).
- Chen, Peng, Dong Yang, Ahmed Hosny Saleh Metwally, Jari Lavonen, und Xiao Wang. 2023. «Fostering Computational Thinking through Unplugged Activities: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis». *International Journal of STEM Education* 10 (1): 47. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7>.
- Cohen, Jacob. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Csizmadia, Andrew, Paul Curzon, Mark Dorling, Simon Humphreys, Thomas Ng, Cynthia Selby, und John Woollard. 2015. *Computational Thinking: A Guide for Teachers*. Computing at School.
- Dağ, Funda, Evren Şumuer, und Levent Durdu. 2023. «The Effect of an Unplugged Coding Course on Primary School Students' Improvement in Their Computational Thinking Skills». *Journal of Computer Assisted Learning* 39 (6): 1902–18. <https://doi.org/10.1111/jcal.12850>.
- Del Olmo-Muñoz, Javier, Ramón Cózar-Gutiérrez, und José Antonio González-Calero. 2020. «Computational Thinking through Unplugged Activities in Early Years of Primary Education». *Computers & Education* 150: 103832. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>.
- Dickhäuser, Oliver, Claudia Schöne, Birgit Spinath, und Joachim Stiensmeier-Pelster. 2002. «Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept: Konstruktion und Überprüfung eines neuen Instruments». *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie* 23 (4): 393–405. <https://doi.org/10.1024/0170-1789.23.4.393>.
- Eickelmann, Birgit, Wilfried Bos, und Amelie Labusch. 2019. «Der Kompetenzbereich «Computational Thinking»: Erste Ergebnisse des Zusatzmoduls für Deutschland im internationalen Vergleich». In *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*, herausgegeben von Birgit Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, und Jan Vahrenhold, 367–98. Münster: Waxmann. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-183309>.

- Göthlich, Stephan E. 2007. «Zum Umgang mit fehlenden Daten in großzahligen empirischen Erhebungen». In *Methodik der empirischen Forschung*, herausgegeben von Sönke Albers, Daniel Klapper, Udo Konradt, Achim Walter, und Joachim Wolf, 119–34. Wiesbaden: Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-322-96406-9_9.
- Graham, John W., Allison E. Olchowski, und Tamika D. Gilreath. 2007. «How Many Imputations Are Really Needed? Some Practical Clarifications of Multiple Imputation Theory». *Prevention Science* 8 (3): 206–13. <https://doi.org/10.1007/s11121-007-0070-9>.
- Guay, Frédéric, Herbert W. Marsh, und Michel Boivin. 2003. «Academic Self-Concept and Academic Achievement: Developmental Perspectives on Their Causal Ordering». *Journal of Educational Psychology* 95 (1): 124–36. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.1.124>.
- Hansford, Brian C., und John A. Hattie. 1982. «The Relationship between Self and Achievement/Performance Measures». *Review of Educational Research* 52 (1): 123–42. <https://doi.org/10.3102/00346543052001123>.
- Heller, Kurt A., und Hans-Jürgen Geisler. 1983. *KFT 1–3: Kognitiver Fähigkeitstest für Kinder*. Weinheim: Beltz Test.
- Huang, Wendy, und Chee-Kit Looi. 2021. «A Critical Review of Literature on «Unplugged» Pedagogies in K–12 Computer Science and Computational Thinking Education». *Computer Science Education* 31 (1): 83–111. <https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1789411>.
- Kellow, Jan-Marie. 2019. «Digital Technologies in the New Zealand Curriculum». *Waikato Journal of Education* 23 (2). <https://doi.org/10.15663/wje.v23i2.656>.
- Kultusministerkonferenz. 2016. *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Kultusministerkonferenz. 2024. *Eckpunkte für informatische Bildung in der Primarstufe*. Berlin: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Eckpunkte-informatische-Bildung-Primarstufe.pdf.
- Leitgeb, Thomas, Michael Leitgeb, und Alexander Zimmermann. 2021. *Denken lernen, Probleme lösen mit der Logobox*. Wien: BMBWF. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25932.54402>.
- Leitgeb, Thomas, Wolfram Rollett, und Katja Scharenberg. 2025. «Enhancing Complex Problem-Solving Skills through a Computational Thinking Program in Lower Secondary Education». Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Denver, CO. <https://doi.org/10.3102/2187991>.
- Leitgeb, Thomas, Wolfram Rollett, und Alexander Zimmermann. 2023. «Effekte der Teilnahme am Wahlpflichtfach Coding und Robotik auf die Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzepts bei Schüler:innen der Sekundarstufe I im österreichischen Burgenland». *MedienPädagogik (Occasional Papers)*: 279–302. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2023.08.24.X>.
- Li, Feng, Xi Wang, Xiaona He, Liang Cheng, und Yiyu Wang. 2022. «The Effectiveness of Unplugged Activities and Programming Exercises in Computational Thinking Education: A Meta-Analysis». *Education and Information Technologies* 27: 7993–8013. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10915-x>.

- Looi, Chee-Kit, Khin Fung Lim, Jennifer Pang, Angela Lay Hong Koh, Peter Seow, Daner Sun, Ivica Boticki, Cathie Norris, und Elliot Soloway. 2016. «Bridging Formal and Informal Learning with the Use of Mobile Technology». In *Future Learning in Primary Schools: A Singapore Perspective*, herausgegeben von Ching Sing Chai, Cher Ping Lim, und Chun Ming Tan, 79–96. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-287-579-2_6.
- Mang, Julia, Natalia Ustjanzew, Ina Leßke, Anja Schiepe-Tiska, und Kristina Reiss. 2019. *PISA 2015 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-pedocs-174495>.
- Marsh, Herbert W., und Rhonda G. Craven. 2006. «Reciprocal Effects of Self-Concept and Performance from a Multidimensional Perspective: Beyond Seductive Pleasure and Unidimensional Perspectives». *Perspectives on Psychological Science* 1 (2): 133–63. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x>.
- Masters, Jennifer. 2018. «Trends in the Digitalization of K–12 Schools: The Australian Perspective». Seminar.net: *International Journal of Media, Technology & Lifelong Learning* 14 (2): 121–29.
- Moreno-León, Jesús, Marcos Román-González, und Gregorio Robles. 2018. «On Computational Thinking as a Universal Skill: A Review of the Latest Research on This Ability». In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1684–89. IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363437>.
- Muthén, Linda K., und Bengt O. Muthén. 2017. *Mplus User's Guide*. 8th ed. Los Angeles: Muthén & Muthén.
- OECD. 2022. *Bildung auf einen Blick 2022: OECD-Indikatoren*. Bielefeld: wbv Media; Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/dd19b10a-de>.
- OECD. 2022. 2025. *Education at a Glance 2025: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1c0d9c79-en>.
- Papert, Seymour. 1980. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, Seymour. 1993. *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Basic Books.
- Piaget, Jean. 1970. «Piaget's Theory». In *Carmichael's Manual of Child Psychology*, herausgegeben von Paul H. Mussen, 3rd ed., 1:703–32. New York: Wiley.
- Rollett, Wolfram, Thomas Leitgeb, und Katja Scharenberg. 2022. «Die COVID-19-Pandemie im Schuljahr 2020/21: Wie haben sich die kognitiven Grundfähigkeiten von Schulkindern der Primarstufe entwickelt?». *Zeitschrift für Bildungsforschung* 12: 353–68. <https://doi.org/10.1007/s35834-022-00358-2>.
- Royston, Patrick, John B. Carlin, und Ian R. White. 2009. «Multiple Imputation of Missing Values: New Features for mim». *Stata Journal* 9 (2): 252–64. http://www.stata-journal.com/article.html?article=st0139_1.
- Sala, Giovanni, und Fernand Gobet. 2017. «Does Far Transfer Exist? Negative Evidence from Chess, Music, and Working Memory Training». *Current Directions in Psychological Science* 26 (6): 515–20. <https://doi.org/10.1177/0963721417712760>.

- Scherer, Ronny, Fazilat Siddiq, und Bárbara Sánchez Viveros. 2019. «The Cognitive Benefits of Learning Computer Programming: A Meta-Analysis of Transfer Effects». *Journal of Educational Psychology* 111 (5): 764–92. <https://doi.org/10.1037/edu0000314>.
- Scherer, Ronny, Fazilat Siddiq, und Bárbara Sánchez Viveros. 2020. «A Meta-Analysis of Teaching and Learning Computer Programming: Effective Instructional Approaches and Conditions». *Computers in Human Behavior* 109: 106349. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106349>.
- Selby, Cynthia, und John Woollard. 2013. *Computational Thinking: The Developing Definition*. Southampton: University of Southampton. <https://eprints.soton.ac.uk/356481/>.
- Shavelson, Richard J., Judith J. Hubner, und George C. Stanton. 1976. «Self-Concept: Validation of Construct Interpretations». *Review of Educational Research* 46 (3): 407–41. <https://doi.org/10.3102/00346543046003407>.
- Shute, Valerie J., Chen Sun, und Jodi Asbell-Clarke. 2017. «Demystifying Computational Thinking». *Educational Research Review* 22: 142–58. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>.
- Sigelman, Carol K., und Elizabeth A. Rider. 2021. *Life-Span Human Development*. 10th ed. Boston: Cengage Learning.
- Simonsmeier, Bianca A., Kristin Kampmann, Jacqueline Staub, und Ronny Scherer. 2025. «The Effects of Programming Interventions in Early Childhood: A Meta-Analysis». *Learning and Individual Differences* 120: 102699. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2025.102699>.
- Tsarava, Katerina, Korbinian Moeller, und Manuel Ninaus. 2018. «Training Computational Thinking through Board Games: The Case of Crabs & Turtles». *International Journal of Serious Games* 5 (2): 25–44. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v5i2.248>.
- van Buuren, Stef, und Karin Groothuis-Oudshoorn. 2011. «mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R». *Journal of Statistical Software* 45 (3): 1–67. <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>.
- Vuorikari, Riina, Stefano Kluzer, und Yves Punie. 2022. *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens—With New Examples of Knowledge, Skills and Attitudes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>.
- Wendt, Heike, Wilfried Bos, Martin Goy, und Daniel Jusufi. 2017. *TIMSS 2015: Skalenhandbuch zur Dokumentation der Erhebungsinstrumente und Arbeit mit den Datensätzen*. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:16553>.
- Wilkins, Jesse L. M. 2004. «Mathematics and Science Self-Concept: An International Investigation». *Journal of Experimental Education* 72 (4): 331–46. <https://doi.org/10.3200/JEXE.72.4.331-346>.
- Wing, Jeannette M. 2006. «Computational Thinking». *Communications of the ACM* 49 (3): 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wing, Jeannette M. 2011. «Research Notebook: Computational Thinking—What and Why?» *The Link Magazine*, Spring 2011, 20–23.
- World Economic Forum. 2025. *The Future of Jobs Report 2025*. January 7, 2025. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>.
- Zhang, Yanjun, Yanping Liang, Xiaohong Tian, und Xiao Yu. 2024. «The Effects of Unplugged Programming Activities on K–9 Students’ Computational Thinking: Meta-Analysis». *Educational Technology Research and Development* 72 (3): 1331–56. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10339-5>.