

# Computational Thinking und Modellieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

*Kevin Kärcher, Jan Winkelmann, Lutz Kasper, Hans-Dieter Körner*

Im Sommersemester 2023 wird an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd (PHSG) erstmals ein Seminar zum Thema ‚Computational Thinking und Modellieren im naturwissenschaftlichen Unterricht‘ ausgebracht. Das hier vorgestellte Konzept sieht vor, eine mögliche Verbindung von Computational Thinking und Modellieren herauszuarbeiten und die Lehramtsstudierenden der MINT-Fächer auf Basis von Projektarbeit zur eigenständigen Verbindung dieser Konzepte im Unterricht zu befähigen.

## 1. Hintergrund

Kompetenzen für das moderne Leben in der digitalen Welt werden umfassend in Politik und Fachdidaktik diskutiert. International prägt diese Diskussion insbesondere der Begriff der ‚21<sup>st</sup> century skills‘, zu welchen unter anderem Kompetenzen in den Bereichen ‚Kommunikation und Kollaboration‘, ‚Informationsverarbeitung und Technologienutzung‘ sowie ‚Problemlösen‘ gehören (Voogt & Roblin, 2010). In das Konzept des ‚Computational Thinking‘ bezieht Wing (2006) bereits fundamentale Elemente dieser ‚21<sup>st</sup> century skills‘ mit ein, auf welche weiterführend auch die Strategiepapire der Kultusministerkonferenz (*Bildung in der digitalen Welt* (2016) und *Lehren und Lernen in der digitalen Welt* (2021)) rekurrieren. Letztlich gilt es, die in diesen Strategiepapieren aufgeführten zu erreichenden Kompetenzen bei Lernenden (in Schule und Hochschule) zu fördern. Gewinnbringend scheint es dabei, eher integrative als additive Ansätze zu fokussieren, was das hier vorgestellte Seminarkonzept zum Ziel hat.

### 1.1 Computational Thinking

Unter Computational Thinking (CT) werden verschiedene Teilkompetenzen zusammengefasst und je nach Definitionsabsichten verschieden aufgeteilt (vgl. bspw.: CSTA

& ISTE, 2011 oder Senkbeil et al., 2019). Zentral in allen (Kompetenz-)Modellen zu CT ist das Problemlösen, weshalb die Anwendung von CT-Konzepten zusammengefasst – unter Rückbezug auf Wings grundlegenden Artikel aus dem Jahr 2006 – als eine Art erweitertes Problemlösen mit Bezügen zu informatischen Ansätzen bezeichnet werden kann. Fasst man die Ziele der beiden oben genannten KMK-Strategien zusammen, ist die Förderung von CT ein wichtiges Ziel für eine Bildung in der digitalen Welt: Während 2016 bereits Kompetenzbereich 5 „Problemlösen und Handeln“ (KMK, 2016, S. 18) Digitalitätsbezug aufweist, wird die Nutzung digitaler Werkzeuge erst in der Strategie aus dem Jahr 2021 explizit eingefordert, „um die Entwicklung fachlicher Kompetenzen, aber auch der digitalisierungsbezogenen und informatischen Kompetenzen zu fördern“ (KMK, 2021, S. 8). Es wird also eine direkte Verbindung von inhaltsbezogenen Kompetenzen, Problemlösekompetenzen und Kompetenzen mit Digitalitätsbezug hergestellt. Diese Verbindung kann durch CT-Ansätze geschaffen und gefördert werden, was durch das Kompetenzmodell von Senkbeil et al. (2019) aus der International Computer and Information Literacy Study (ICILS) deutlich wird. Darüber hinaus trägt CT zur Entwicklung der oben erwähnten ‚21<sup>st</sup> century skills‘ bei. Die CT-Kompetenzen nutzen Lernenden weitergehend im späteren beruflichen und gesellschaftlichen Leben, da wichtige Problemlösekompetenzen mit Digitalitätsbezug aufgebaut werden.

## 1.2 Modellieren

Modelle dienen in der Naturwissenschaft neben dem Experiment als Instrument zur Erkenntnisgewinnung, werden jedoch von Lernenden in ihrer Funktion als Medium im Lehr-Lern-Prozess häufig mit dem repräsentierten Sachverhalt gleichgesetzt (Reiners, 2017). Um der epistemologischen Funktion von Modellen gerecht zu werden, bietet sich die eigenständige Erarbeitung von Modellen, das Modellieren, als expliziter Lerninhalt im Studium an (Upmeier zu Belzen et al., 2019), insbesondere weil Lehrkräfte in diesem Bereich zumeist nur über basale Kompetenzen verfügen (Gilbert & Justi, 2016). Zur Umsetzung der Modellarbeit und des Modellierens im Lehr-Lern-Prozess existieren verschiedene theoretische und praktische Vorschläge aus den MINT-Didaktiken. Als ein möglicher Ansatz bietet sich die zirkulär angelegte Herangehensweise des Modellierens aus der Mathematikdidaktik an (Kaiser et al., 2015), da sich hier der Problemlösecharakter des Modellierens manifestiert. Jene Verbindungen von Problemlösen und Modellieren lassen sich mit den Problemlösekompetenzen im Konstrukt des CT in Einklang bringen. Hierzu wird das oben angeführte ICILS-Kompetenzmodell von Senkbeil et al. (2019) genutzt und in Abbildung 1 illustriert. In der Abbildung wird das Kompetenzmodell (blau hinterlegt) den Aspekten des Modellierens (orange hinterlegt) gegenübergestellt.

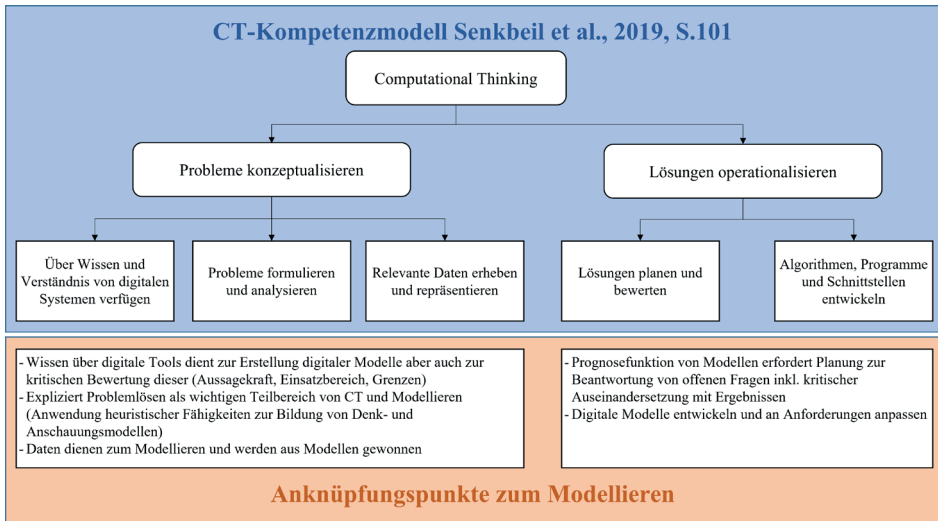


Abb. 1: CT-Kompetenzmodell (Senkbeil et al., 2019, S. 101) mit Ergänzungen zum Modellieren (eigene Darstellung)

## 2. Seminar

Ausgehend von der aufgezeigten Verbindung von CT und Modellieren (s. Abb. 1) wurde eine Seminaridee zum Aufbau von Kompetenzen in beiden Bereichen bei Studierenden der PHSG entwickelt. Dieses Seminar wird wöchentlich für Masterstudierende im Lehramt der MINT-Fächer ausgebracht.

### 2.1 Verlauf

In den ersten drei Seminarsitzungen werden die theoretischen Grundlagen der beiden Themengebiete wie in diesem Beitrag beschrieben, erarbeitet und durch kleinere Übungen vertieft. Hierbei wird besonders darauf abgezielt CT-Kompetenzen anhand gut zu erfassender Probleme zu verdeutlichen (bspw. klassische Modellierungsprobleme aus dem Mathematik- und Chemieunterricht; siehe Zusatzmaterial). Um den Studierenden konkrete Orientierungsmöglichkeiten im Konstrukt CT zu bieten, wird das Kompetenzmodell von Senkbeil et al. (2019) aus der ICILS-Studie explizit vorgestellt und in Reflexions- und Diskussionsphasen darauf Bezug genommen. Für die im Seminarverlauf folgenden praktischen Tätigkeiten können die Studierenden an diesem Modell Ansatzpunkte zur Reflexion über ihre Tätigkeiten finden.

Nach der theoretischen Einführung folgt die Einarbeitung in typische digitale Tools, welche zur Förderung von CT-Konzepten eingesetzt werden können. Ein solches ist die beliebte Plattform ‚Scratch‘, die einen blockbasierten Zugang zur Programmierfähigkeit kennzeichnet. Die Studierenden bearbeiten typische Grundlagenaufgaben zur Übung und erstellen daraufhin eine Animation zur Diffusion. Erweitert wird die Kenntnis der Studierenden im Bereich der digitalen Anwendungen auch um

Grundzüge des Umgangs mit dem Microcontroller Arduino. CT-Kompetenzen betreffen zum großen Teil Fähigkeiten zur Verarbeitung und Organisation von Daten, was sich durch den Einsatz des Microcontrollers fördern lässt. Komplettiert wird der Überblick durch eine kurze Einführung in die Möglichkeiten im Einsatz von typischen Kalkulationsprogrammen wie Excel und GeoGebra, um notwendige mathematische Aspekte im naturwissenschaftlichen Modellieren zu verdeutlichen.

Die zweite Hälfte des Seminars ist geprägt von Projektarbeit. Um den Studierenden Anregungen zu geben, wird in drei Sitzungen an einem Beispielprojekt gearbeitet, in welchem die vorgestellten digitalen Tools Anwendung finden können. Dazu wird an die Einführungen in die digitalen Tools angeknüpft, indem die Studierenden verschiedene Modelle für den Abbau von Kohlenstoffdioxid durch Pflanzen unter verschiedenen Einflüssen erstellen (siehe Zusatzmaterial). Die Studierenden werden zur Reflexion über ihre Tätigkeiten zur Verbindung von CT und Modellieren in Form von kurzen Videos, welche sie selbst erstellen, angeregt. Dabei erläutern sie im Video ihr Vorgehen im Beispielprojekt, stellen ihr entwickeltes Modell vor und reflektieren über die angedachte Verbindung der beiden theoretischen Konstrukte. Die Videos werden dann im Moodle-Kurs der Veranstaltung geteilt und in der anschließenden Veranstaltung als Diskussionsanlass genutzt.

Ziel ist es dann, dass die Studierenden in eigenen Projekten ein Produkt entwickeln, welches die thematisierte Verbindung zwischen den theoretischen Konstrukten CT und naturwissenschaftlichem Modellieren für den Unterricht realisiert (bspw. eine Unterrichtssequenz zur Modellierung der Diffusion auf Teilchenebene mittels Scratch). Eine Besonderheit ist, dass diese Produkte auf einem selbstorganisierten Fachtag durch Workshops von den Studierenden an Lehrkräfte multipliziert werden sollen. So wird einerseits den Studierenden die Möglichkeit geboten, die entwickelten Produkte einzusetzen und in Diskussionen mit erfahrenen Lehrkräften zu verbessern. Andererseits erhalten die Lehrkräfte anwendungsorientierte Einblicke in die Produkte und können diese im eigenen Unterricht einsetzen. Die Lehrkräfte erhalten hierzu innerhalb ihrer Workshops alle notwendigen Materialien, die die Studierenden erstellt haben. Ergänzt wird dieser Fachtag von rahmenden Keynotes zum Thema CT und dessen Bedeutung für den Unterricht.

## 2.2 Evaluation

Die Güte der Lehrveranstaltung wird durch die übliche Lehrevaluation der Hochschule von den Studierenden beurteilt. Hierbei hoben die Studierenden insbesondere die ‚Atmosphäre, Relevanz des Inhalts, Umgang miteinander, Strukturierung‘ sowie ‚das selbstständige Erarbeiten der Inhalte‘ als positiv in den Freitextantworten der Evaluation hervor und bewerteten die Veranstaltung im Schnitt mit der Schulnote 1,33. Nach Seminarende werden zudem die Studierendenmaterialien hinsichtlich ihrer inhaltlichen Durchdringungstiefe und möglicher fachlicher Defizite ausgewertet. Hierzu werden Kriterien aus dem o. g. CT-Kompetenzmodell, dem Kompetenzmodell zur Modellierkompetenz in den Naturwissenschaften von Upmeier zu Belzen

et al. (2019) und fachlichen Aspekten abgeleitet. Ergänzend werden kurze reflexive Interviews zur Erfassung der Einstellung der Studierenden eingesetzt. Auf Basis der gewonnenen Daten wird das Seminarkonzept zur zweiten Durchführung im Sommersemester 2024 überarbeitet.

### 2.3 Ausblick

Beide Seminare durchführungen sollen dazu genutzt werden, das Konzept als Video-Selbstlern-Kurs zu verstetigen, da bisher nur diese zwei Durchführungen aufgrund der Projektlaufzeit geplant sind. Die erstellten Materialien von Seminarleitung und -teilnehmenden sollen hierzu umgearbeitet und als Materialsammlung über Strukturen der PHSG, wie dem Zentrum für Medienbildung und dem Zentrum für naturwissenschaftliche Bildung, zur Verfügung gestellt werden. Nach der zweiten Durchführung im Sommersemester 2024 soll erneut ein Fachtag für Lehrkräfte ausgerichtet werden und bei breiterem Interesse nach Möglichkeit ebenfalls verstetigt werden.

## 3. Fazit

Während der Erstellung des Beitrags begann der erste Durchführungszyklus und es kann auf erste Erfahrungen zurückgegriffen werden, die auf eine hohe Akzeptanz und hohes Interesse durch die Studierenden hindeuten. Ob die theoretisch schlüssig erscheinende Verbindung von CT-Konzepten und Modellieransätzen bei den Studierenden zu einem Aufbau der Bereitschaft führt, ebendiese Themengebiete vermehrt in die Unterrichtspraxis zu übernehmen, muss durch die Evaluation herausgearbeitet werden. Limitierend muss angemerkt werden, dass in der ersten Seminare durchführung Studierende mit sehr geringen Vorkenntnissen in Microcontrollern, Scratch und sonstigen digitalen Tools teilnahmen. Diese Studierende konnten sich allerdings in der produktiven Arbeitsatmosphäre schnell in die Tools einarbeiten. Förderlich für das gesamte Seminarkonzept war es, eine positive Fehlerkultur zu leben und den Studierenden in der Arbeitsphase Raum zum Ausprobieren zu bieten, gerade weil CT auch davon lebt, Probleme in kleinere Probleme zu zerlegen und diese systematisch zu bearbeiten.

Festzuhalten bleibt allerdings, dass das Seminar ein Angebot darstellt, in dem sich die Lehramtsstudierenden auf die Anforderungen an Lehr-Lern-Prozesse in einer digitalisierten Welt vorbereiten. Sie sollen ermutigt werden, im späteren Berufsleben eine Kultur der Digitalität im naturwissenschaftlichen Unterricht zu schaffen, während sie klassische, erkenntnistheoretische Inhalte wie Modelle vermitteln.

## 4. Förderhinweis

Die Entwicklung und Durchführung des Seminars wird von der Joachim Herz Stiftung durch das Programm ‚Kolleg Didaktik:digital‘ ideell und finanziell gefördert.

## Literatur

- CSTA, Computer Science Teachers Association & ISTE, International Society for Technology in Education (2011). *Computational Thinking: leadership toolkit*. [https://cdn.iste.org/www-root/2020-10/ISTE\\_CT\\_Leadership\\_Toolkit\\_booklet.pdf](https://cdn.iste.org/www-root/2020-10/ISTE_CT_Leadership_Toolkit_booklet.pdf)
- Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016). Educating Teachers to Facilitate Modelling-Based Teaching. In J.K. Gilbert & R. Justi (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education. Modelling-based Teaching in Science Education* (Bd. 9, S. 223–251). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3_11)
- Kaiser, G., Blum, W., Borromeo Ferri, R. & Greefrath, G. (2015). Anwendungen und Modellieren. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 357–383). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8_13)
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. [https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie\\_2017\\_mit\\_Weiterbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf)
- Kultusministerkonferenz. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_12\\_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf)
- Reiners, C.S. (2017). *Chemie vermitteln*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52647-7>
- Senkbeil, M., Eickelmann, B., Vahrenhold, J., Goldhammer, F., Gerick, J. & Labusch, A. (2019). Das Konstrukt der computer- und informationsbezogenen Kompetenzen und das Konstrukt der Kompetenzen im Bereich ‚Computational Thinking‘ in ICILS 2018. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J. & Krüger, D. (2019). Introducing a Framework for Modeling Competence. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger & J. van Driel (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education. Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (Bd. 12, S. 3–19). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_1)
- Voogt, J. & Roblin, N.P. (2010). *21st century skills. Discussion Paper*. Enschede. University of Twente. <http://hdl.voced.edu.au/10707/254371>
- Wing, J. (2006). Coputational Thinking: It represents a universally applicable attitude and skill set everyone, not just computer scientists, would be eager to learn and use. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, 49(3). <https://www.cs.cmu.edu/afs/cs/Web/People/15110-s13/Wingo6-ct.pdf>



Onlinematerial

Kevin Kärcher, Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Oberbettringer Straße 200,  
73525 Schwäbisch Gmünd  
kevin.kaercher@ph-gmuend.de  
<https://orcid.org/0009-0006-8001-2010>

Jan Winkelmann, Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Oberbettringer Straße 200,  
73525 Schwäbisch Gmünd  
jan.winkelmann@ph-gmuend.de  
<https://orcid.org/0000-0002-2207-7987>

Lutz Kasper, Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Oberbettringer Straße 200,  
73525 Schwäbisch Gmünd  
lutz.kasper@ph-gmuend.de  
<https://orcid.org/0000-0003-3118-0422>

Hans-Dieter Körner, Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Oberbettringer Stra-  
ße 200, 73525 Schwäbisch Gmünd  
hans-dieter.koerner@ph-gmuend.de  
<https://orcid.org/0009-0006-8488-1344>