

# Zur Relevanz eines Prozessbereiches Interaktion und Exploration im Kontext informatischer Bildung im Primarbereich

Kathrin Müller,<sup>1</sup> Carsten Schulte,<sup>2</sup> Johannes Magenheim<sup>3</sup>

**Abstract:** Im Zusammenhang mit der aktuellen Diskussion über eine informatische Bildung für alle ab der Primarstufe wurden im vergangenen Jahr zwei Empfehlungen für Kompetenzen im Bereich der frühen informatischen Bildung veröffentlicht. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal beider Dokumente ist die Einführung eines neuen Prozessbereiches P0 "Interagieren und Explorieren" in der Expertise der Stiftung Haus der kleinen Forscher. Im Rahmen der GI-Empfehlungen wird dieser Prozessbereich nur indirekt aufgenommen. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Diskussionen über die Sinnhaftigkeit dieses neuen Prozessbereichs. Übergreifendes Ziel dieses Artikels ist es, die Bedeutung und Anwendung des Prozessbereichs P0 zu erläutern: Was verbirgt sich hinter diesem Prozessbereich und wie kann er mit anderen Inhaltsbereichen zu relevanten Kompetenzfeldern kombiniert und methodisch adäquat umgesetzt werden? Es wird u.a. gezeigt, dass mit dem Prozessbereich P0 ein der naturwissenschaftlichen Methodik ähnlicher experimenteller empirischer Zugang zum Verständnis von Informatiksystemen und Algorithmen ermöglicht wird.

**Keywords:** Interaktion und Exploration; Kompetenzen; Explorieren

## 1 Einleitung

Im Zuge der Diskussion um eine informatische Bildung für alle hat auch die Frage nach informatischer Bildung ab der Primarstufe stark zugenommen - und damit nach passenden Curricula. Im Zuge dieser Diskussion wurden zuletzt mit der Expertise der Stiftung Haus der kleinen Forscher (HdkF)[St17] und den GI-Standards [Ge19] für die Primarstufe zwei Empfehlungen für Kompetenzen im Bereich früher informatischer Bildung veröffentlicht. Beide Dokumente basieren auf den bisherigen Inhalts- und Prozessbereichen der GI-Standards. Damit liegt ihnen gemeinsam auch ein Kompetenzbegriff in Orientierung an Weinert [We01] zugrunde, nach dem sich die Performanz von Kompetenzen als konkrete Tätigkeiten (Prozessdimension) von Lernenden in einem spezifischen Kontext (Inhaltsdimension)

---

<sup>1</sup> Universität Paderborn, Didaktik der Informatik, Fürstenallee 11, 33102 Paderborn, Deutschland kathrin.mueller@uni-paderborn.de

<sup>2</sup> Universität Paderborn, Didaktik der Informatik, Fürstenallee 11, 33102 Paderborn, Deutschland carsten.schulte@uni-paderborn.de

<sup>3</sup> Universität Paderborn, Didaktik der Informatik, Fürstenallee 11, 33102 Paderborn, Deutschland johannes.magenheim@uni-paderborn.de

beobachten und ggf. messen lassen. Die Empfehlungen des HdKFs enthalten einen neuen Prozessbereich P0 “Interagieren und Explorieren” (I&E) der in den GI Empfehlungen nur indirekt aufgenommen ([Ge19] S. VI,3,7) wird. In diesem Zusammenhang stellen sich eine Reihe von Fragen, zu deren kritischer Diskussion und Beantwortung der Artikel beitragen möchte:

- Kann I&E als eigenständiger Prozessbereich einer informatischen Kompetenz angesehen werden oder handelt es sich lediglich um eine Vermittlungsmethodik?
- Bis zu welchem Grad kann vom I&E eines Informatiksystems auf dessen innere, informatische Struktur und seine handlungsstrukturierende Wirkung auf dessen NutzerInnen geschlossen werden?
- Welche pädagogischen Interventionen seitens der Lehrkräfte sind für das zielgerichtete und erkenntnisfördernde I&E von Informatiksystemen durch Schülerinnen und Schüler erforderlich?
- Kann systematisches I&E im Informatikunterricht auf methodische Erfahrungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts bezüglich der Beobachtung von Naturphänomenen und der Gestaltung von Experimenten zurückgreifen?
- Welchen Bildungswert beinhaltet systematisches I&E von Informatiksystemen im Informatikunterricht und welchen Beitrag zur informatischen Bildung kann damit geleistet werden?

Übergreifendes Ziel dieses Artikels soll es sein, zu erläutern was I&E im Rahmen informatischer Bildung für die Primarstufe bedeutet, welche Möglichkeiten dieser Prozessbereich bietet und welche Grenzen mit ihm verbunden sind. Dazu wird zunächst dargestellt, was sich hinter I&E als Kompetenzdimension verbirgt und wie der Prozessbereich mit den Inhaltsbereichen kombiniert werden kann. Im weiteren Verlauf wird insbesondere die Methodik des Explorierens im Bereich der informatischen Bildung theoretisch und anhand von Beispielen erläutert.

## **2 I&E als Prozessdimension eines Kompetenzmodells**

Um den Stellenwert der Prozessdimension I&E im Rahmen des Kompetenzmodells der GI-Empfehlungen einzuordnen, ist zunächst festzuhalten, dass sich die GI-Empfehlungen nicht auf ein empirisch validiertes Kompetenzstrukturmodell beziehen, das mit Methoden der Kompetenzforschung entwickelt wurde. Es handelt sich vielmehr um ein im Diskurs mit ExpertenInnen entwickeltes normatives Modell, das einen hohen Grad an Praxisbezug zur Fachwissenschaft und Fachdidaktik Informatik aufweist, einen wesentlichen Beitrag zur Allgemeinbildung der SchülerInnen postuliert und mittlerweile im Hinblick auf die Gestaltung einschlägiger Curricula von großer bildungspolitischer Bedeutung ist. In den folgenden Abschnitten dieses Beitrags wird, analog zur Begründung der Prozess- und

Inhaltsdimensionen des GI-Kompetenzmodells, dargelegt, weshalb I&E als eigenständige Prozessdimension das GI-Modell sinnvoll erweitern kann.

## 2.1 Bezüge zu Fachwissenschaft und Fachdidaktik Informatik

In der Fachwissenschaft Informatik ist das I&E von Informatiksystemen von großer Bedeutung. Zahlreiche Vorgehensmodelle zur Softwareentwicklung weisen entsprechende Arbeitsphasen im Kontext der Anforderungsanalyse und dem Re-engineering von Informatiksystemen aus. Sie sind der Phase des Modellierens und Implementierens vorgeschaltet. Die Exploration bereits bestehender und die (Neu-)gestaltung von Informatiksystemen sind dabei wesentliche Phasen eines iterativen, zyklischen Entwicklungsprozesses von Informatiksystemen [Sc17]. Die in dieser Phase erforderliche Analyse von Anwendungsfällen (Use Cases) basiert zunächst auf dem systematischen Testen und Beobachten von Funktionen des Informatiksystems und der Interaktionen der involvierten Nutzer mit dem System bzw. deren Interaktionen untereinander. Interagieren und Explorieren eines Informatiksystems beschränkt sich daher nicht auf seine technischen Funktionen, sondern berücksichtigt auch dessen sozio-technischen Aspekte und trägt damit seinem Charakter als hybrides Interaktionssystem Rechnung [SB18]. Für Experten wäre ein weiterer Schritt einer derartigen Dekonstruktion des Informatiksystems die Analyse des vorhandenen Sourcecodes sowie der zugehörigen Dokumentation inkl. der evtl. vorhandenen (grafischen) Architektur- und Modellbeschreibungen.

In der Fachdidaktik gehören derartige Explorationsphasen ebenfalls zum fachlichen und methodischen Repertoire einiger fachdidaktischer Ansätze.

Beispiele bzw. Vorläufer des I&E mit Bezug zu den zuvor genannten fachwissenschaftlichen Aspekten existieren im Bezug auf die Betrachtung komplexer Systeme (Benutzung, Wartung und Erweiterung von Softwaresystemen) [Mo], die Analyse und Modellierung von Standardsoftware [Mo] und Benutzen-Analysieren-Gestalten [HH15]. Entsprechende Ansätze aus dem internationalen Raum sind beispielsweise "Consume before Produce" [In] und PRIMM (Predict-Run-Investigate-Modify-Make)[SW17].

Je nach Kenntnisstand der Lerngruppe können durch geeignete Aufgabenstellungen und Interventionen der Lehrkräfte von den Lernenden wichtige Kenntnisse und Kompetenzen gewonnen werden, die zum Verständnis und der Gestaltung von Informatiksystemen beitragen. Dieser Anspruch an den Informatikunterricht schlägt sich auch in entsprechenden empirisch fundierten Kompetenzstruktur- und -entwicklungsmodellen nieder [MSS].

Dabei dient das I&E mit Informatiksystemen aus dem Erfahrungsbereich der SchülerInnen nicht nur als Anknüpfungspunkt und motivierender Einstieg in einen informatischen Themenbereich im Unterricht. Es geht beim Erwerb dieser Kompetenzdimension vielmehr darum, Informatiksysteme aus dem Alltag der SchülerInnen als solche zu identifizieren, über ihre Funktion deren inhärente informatische Prinzipien zu erschließen und ihre Wirkungsweise als hybrides Interaktionssystem mit seinen Auswirkungen auf das soziale Handlungsumfeld der NutzerInnen zu verstehen. Wenn I&E in diesem Sinne im Informatikunterricht realisiert

wird, leistet er auch einen wichtigen Beitrag zur Allgemeinbildung der SchülerInnen, da sie mit dieser Kompetenz befähigt werden, auch zukünftige Informatiksysteme als solche zu identifizieren und sich wesentliche Fragen zu deren Funktion, ihren in Praxis umgesetzten informatischen Prinzipien und deren gesellschaftlichen Auswirkungen zu beantworten.

## 2.2 I&E im Kontext der Prozessdimensionen der GI-Empfehlungen

Nachdem die fachliche und fachdidaktische Bedeutung der Prozessdimension I&E (P0) diskutiert wurde, soll nun ihr Stellenwert im Zusammenhang mit den anderen Prozessdimensionen des GI-Modells erörtert werden. Diese Prozessdimensionen sind: Modellieren und Implementieren (P1), Begründen und Bewerten, (P2) Strukturieren und Vernetzen (P3), Kommunizieren und Kooperieren (P4) sowie Darstellen und Interpretieren (P5). Beim Blick auf diese Aufzählung wird deutlich, dass nur P1 einen genuin informatischen Bezug aufweist, während die anderen Prozessdimensionen eher generisch sind und auch in anderen Fächern als wichtige Kompetenzdimensionen angesehen werden könnten. Hauptsächlich durch ihre Kontextualisierung in den verschiedenen informatischen Inhaltsbereichen erhalten sie ihre Bedeutung für die Informatik. Daraus ergibt sich zweierlei: Einerseits zeigt sich, dass I&E eine wichtige Ergänzung bei den Prozessdimensionen des GI-Modells mit explizitem informatischem Bezug darstellt. Andererseits gilt es zu überprüfen, ob die Prozessdimension P0 auch in den verschiedenen Inhaltsbereichen I1 – I5 zu sinnvollen kontextualisierten Kompetenzanforderungen führt, wie es bei P1-P5 der Fall ist. Dies soll jetzt für die fünf Inhaltsbereiche Information und Daten (I1), Algorithmen (I2), Sprachen und Automaten (I3), Informatiksysteme (I4) sowie Informatik, Mensch und Gesellschaft (I5) in knapper Form geschehen.

**Information und Daten (I1):** Thematischer Schwerpunkt dieses Inhaltsbereiches bildet nach den GI-Empfehlungen für die primäre informatische Bildung u.a. die Codierung und Decodierung von Information sowie das Ver- und Entschlüsseln. Im folgenden Beispiel konzentrieren wir uns auf den Aspekt "Kommunikation und Sicherheit".

Kindern ist das Verschicken von Nachrichten z.B. in Form von Briefen bekannt. Einige haben sicherlich bereits erste Erfahrungen mit Geheimschriften oder Sprachen im Sinne einer vertraulichen Kommunikation unter Freunden gemacht. An diesem Punkt kann im Unterricht zunächst angeknüpft werden: Kinder verschicken unterschiedliche Nachrichten und überlegen, wie sie sicherstellen können, dass jemand Fremdes diese Nachricht nicht versteht. Dabei entwickeln sie z.B. selbst altersentsprechende Geheimschriften oder Sprachen und analysieren diese oder gegebene auf Sicherheitsmerkmale. Fragestellung ist hier beispielsweise: Was ist notwendig, damit sowohl Sender als auch Empfänger die Nachricht verstehen, aber kein Fremder? Im Anschluss kann ein Übergang zu bekannten Verschlüsselungsverfahren wie z.B. Skytale und Caesar stattfinden.

Ein weiterer, primär explorativer Aspekt, kann anschließend die Untersuchung von unterschiedlichen Passwörtern z.B. mit dem Verschlüsselungsverfahren Caesar sein. Fragestellung

gen während der Exploration sind beispielsweise: Welche Passwörter lassen sich schneller knacken als andere? Wie unterscheiden sich die unterschiedlichen Passwörter (z.B. in Länge oder Anzahl unterschiedlicher Zeichen etc.)? Somit können, wie bereits zuvor erwähnt, aus der Exploration heraus Aussagen über die Sicherheit von Passwörtern und Anforderungen an geeignete Passwörter gewonnen werden.

Folglich unterstützt die Prozessdimension P0 hier unter Anderem die Entwicklung der in den GI-Standards definierten Kompetenzen: "nutzen und entwickeln Vereinbarungen, um Daten zu verschlüsseln und zu entschlüsseln", "nutzen und entwickeln Vereinbarungen zur Übermittlung von Nachrichten" sowie "geben an, dass Vereinbarungen notwendig sind, um Daten zu codieren und zu decodieren" [Ge19].

**Algorithmen (I2):** Dieses Kompetenzfeld weist eine hohe Affinität zu dem im Hinblick auf Algorithmen beschriebenen Kompetenzbereich 5.5 der "KMK-Kompetenzen in der digitalen Welt" auf [Ku17]. Insbesondere der Kompetenzbereich 5.5.2 "Algorithmische Strukturen in genutzten digitalen Tools erkennen und formulieren" eröffnet im Zusammenhang mit I&E einen empirisch-analytischen Zugang zum Verständnis von Algorithmen in alltäglich verwendeten digitalen Werkzeugen und Medien. Dies betrifft eine große Bandbreite von Tools und Anwendungssituationen, wie etwa die Berechnung von Ergebnissen in der Tabellenkalkulation, die Suchfunktion in Texten, die Preisgestaltung bei der Produkt- und Servicesuche im Internet in Abhängigkeit von Tageszeit, verwendetem Gerät und Browser, etc. (zur Methodik vgl. Abschnitt 2.3).

Aus dem I&E von Informatiksystemen können über systematische Beobachtungen, z.B. mit entsprechenden Beobachtungsprotokollen, "Wenn-Dann-Beziehungen" gefolgert werden, welche die Systemreaktionen als Folge von User-Interaktionen mit dem System beinhalten. Gleiches gilt für das beobachtbare "Verhalten" eines Informatiksystems beim Input von unterschiedlichen Messwerten über Sensoren (z. B. bei Robotern). Auf diese Weise kann auf interne Verarbeitungsmechanismen des Systems und den ihnen zugrundeliegenden Algorithmen geschlossen werden. An diesem Punkt existiert eine enge Verzahnung mit dem Inhaltsbereich Informatiksysteme, die sich aus der Tatsache ergibt, dass Algorithmen immer in einem Informatiksystem implementiert sind. Ferner kann z.B. die empirische Beobachtung des Laufzeitverhaltens unterschiedlicher Algorithmen in Abhängigkeit von der Dateneingabe einen Zugang zu Komplexitätsbetrachtungen von Algorithmen eröffnen.

Die Prozessdimension I&E trägt hier unter anderem zum Aufbau der in den GI-Standards definierten Kompetenzen "beschreiben Algorithmen alltagssprachlich" und "vergleichen Algorithmen unter Verwendung der Fachsprache" [Ge19] bei.

**Sprachen und Automaten (3):** Hier können den SchülerInnen aus ihrem Alltag bekannte Automaten (z.B. Getränkeautomat, Verkehrsampel) als Explorationsgegenstand eines Informatiksystems dienen. Systematisches Beobachten und eine Variation der Eingabemöglichkeiten erschließen dann den Zugang zu wesentlichen Aspekten der informatischen Konzepte von Automat und Sprache, wie Ein- und Ausgabealphabet, Systemzustände,

akzeptierte Eingaben etc.. Durch die Untersuchung der Lebenswelt im Bezug auf Automaten trägt die Exploration somit zur in den GI-Standards definierten Kompetenz: "beschreiben Automaten in ihrer Lebenswelt als selbsttätig arbeitende Maschinen" [Ge19] bei.

**Informatiksysteme (I4):** Das I&E mit/von Informatiksystemen ist, wie zuvor bereits beschrieben, ein zentraler Inhaltsbereich dieser Prozessdimension und kann auch in der Grundschule mit unterschiedlichen altersadäquaten Systemen, z.B. Robotern, durchgeführt werden. Wir zeigen hier am Beispiel des Lernroboters Ozobot<sup>4</sup> wie das Informatiksystem Roboter exploriert werden kann.

Ozobots (Ozobot bit) besitzen lediglich einen Farbsensor, sowie als Aktoren eine Farb-LED und zwei Motoren zum Antrieb der Räder. Sie folgen schwarzen Linien und reagieren auf vordefinierte Farbcodes. Darüber hinaus sind sie mit einer Blocksprache programmierbar. Aufbau und Funktionsweise können z.B. wie folgt exploriert werden:

Ein Unterricht mit Ozobots kann z.B. mit der Exploration der Linienverfolgung starten: Wie verhält sich der Ozobot an Kreuzungen? Nimmt er immer die gleiche Richtung? Ändert sich die Richtung? Gibt es ein Muster? Welche Hypothesen gibt es zur Ursache dieses Verhaltens? Im weiteren Verlauf kann dann exploriert werden, welche Eigenschaften die Linien haben müssen, auf denen der Roboter fährt. Hier können unterschiedliche Farben, unterschiedlich breite Linien, unterschiedliche Kurven etc. getestet werden. Die Ergebnisse können auf entsprechenden Arbeitsblättern protokolliert werden. Aus diesen Protokollen können die Kinder anschließend Schlussfolgerungen ziehen, wie z.B. welche Farben der Ozobot "erkennt" und wie er auf die Farben reagiert. Darauf basierend können dann Hypothesen über die Architektur des Ozobots aufgestellt werden. Wie kann es dazu kommen, dass die LED in der Farbe der Linie leuchtet? Welche Bauteile sind dazu notwendig und welche Prozesse innerhalb des Ozobots? Farbcodes können exploriert werden, indem das Verhalten des Ozobots bei unterschiedlichen Farbcodes protokolliert wird, oder indem die Reaktion des Roboters vorgegebenen Reaktionsmöglichkeiten zugeordnet werden. Auf diese Weise können sich die Kinder zunächst die Funktionsweise erschließen. Anschließend können, z.B. auf Basis der bereits aufgestellten Hypothesen, Überlegungen zur Architektur aufgestellt werden, wie beispielsweise: Der Roboter braucht etwas, mit dem er die Farben und Linien erkennen kann, er besitzt einen Motor und Räder, eine LED, etc. Über diese Überlegungen kann dann ggf. mit Unterstützung der Lehrperson auf die einzelnen Bauteile des Roboters und das EVA-Prinzip geschlossen werden.

Ein Anwendungsbeispiel über die Ozobots hinaus ist die Möglichkeit, im Alltag mittels protokollierter Beobachtung nach Informatiksystemen zu suchen. Wo ist mir in meinem Alltag ein Informatiksystem begegnet? Warum ist dies ein Informatiksystem?

Die Prozessdimension I&E trägt hier ebenfalls zum Aufbau von in den GI-Standards definierten Kompetenzen bei. Dies sind unter anderem: "interagieren zielgerichtet mit Informatiksystemen" und "geben grundlegende, allgemeingültige Beschreibungen der Funktion und Arbeitsweise von Informatiksystemen an (EVA-Prinzip)" [Ge19].

---

<sup>4</sup> <https://ozobot.com/products>

**Informatik, Mensch und Gesellschaft (I5):** Die Prozessdimension I&E betrachtet Informatiksysteme nicht nur als technische Artefakte, sondern als sozio-technische Systeme mit einer hybriden Interaktionsstruktur. Insofern werden die mit dem Informatiksystem verbundenen Interaktionen stets auch im sozialen Kontext seiner Nutzung gesehen. So kann mit der Prozessdimension I&E beispielsweise das Nutzungsverhalten unterschiedlicher User bei einer gegebenen Benutzungsoberfläche beobachtet und diese Beobachtungen im Hinblick auf softwareergonomische Fragestellungen bewertet werden. Daraus lassen sich dann wiederum Anforderungen an die Re-konstruktion der Benutzungsoberfläche im Rahmen einer Systemgestaltung ableiten.

### 2.3 Methodik der Prozessdimension I&E

Nachdem die Kontextualisierung der Prozessdimension I&E in den verschiedenen Inhaltsbereichen aufgezeigt wurde und sich daraus relevante informatische Kompetenzanforderungen ergeben, muss nun geklärt werden, wie zugehörige Lernprozesse zu einem für SchülerInnen motivierenden und erfolgreichen Kompetenzerwerb organisiert werden können.

Im Vordergrund steht das eigenständige explorative Handeln der SchülerInnen im Sinne der Prozessdimension I&E, das für sie zu informatischem Kenntniserwerb führen kann (vgl.[Be16]).

Dabei sollte im konstruktivistischen Sinn einerseits die natürliche Freude der Kinder am forschenden, selbst-entdeckenden Lernen gefördert und andererseits Hilfestellung durch die Lehrkraft bei der systematischen Gestaltung und Auswertung der Beobachtungen beim Umgang mit Informatiksystemen gegeben werden. Dies stellt die Lehrkraft vor anspruchsvolle Moderationsaufgaben bei der kognitiven Aktivierung der SchülerInnen. In der Grundschule und im Primarbereich können dabei ko-konstruktive Methoden, wie z.B. das "sustained shared thinking" [Ho12] zum Einsatz kommen, bei denen die SchülerInnen durch offene Fragen und Lernimpulse der Lehrkraft weitgehend autonom Aussagen und Vermutungen zu ihren Explorationserfahrungen äußern können. In einem weiteren Schritt können die Beobachtungen dann systematisch und formalisiert erfasst, analysiert und auf der Basis dieses Datenmaterials Hypothesen zum Zusammenhang von beobachtetem Systemverhalten und der inneren Struktur bzw. den inneren Zuständen des Informatiksystems formuliert werden. Daran könnte sich eine Phase zur (grafischen) Beschreibung von Systemzuständen, Datenstrukturen bzw. Ein- und Ausgabewörtern sowie ggf. von Algorithmen des erkundeten Informatiksystems anschließen. Je nach Intention und Zielsetzung kann dann ein Übergang zur (Neu-)gestaltung des Informatiksystems mit Modellierungs- und Implementierungsphase erfolgen.

Falls Lernprozesse zum Kompetenzerwerb in Bezug auf I&E in den verschiedenen Inhaltsbereichen nach diesen Prinzipien organisiert werden wird deutlich, dass die Methodik:

- über ein anfängliches unverbindliches Herumspielen und Ausprobieren nach dem "trial and error"- Prinzip hinausgeht und sinnerschließende Fragen und eine auswertbare Beobachtungsmethodik beinhalten sollte,

- gezielte, erkenntnisfördernde Interventionen der Lehrkraft, abhängig vom Kenntnisstand der Lernenden, den Lernprozess unterstützen können, ohne das entdeckende Lernen der SchülerInnen zu behindern,
- systematische empirische Beobachtungen von auszuwählenden relevanten Parametern beinhaltet, die im Hinblick auf Fragestellungen zum Informatiksystem ausgewertet werden können und zu einem Erkenntnisgewinn über dieses System beitragen.
- die Beobachtungen und Erkenntnisse so angelegt werden, dass von der von außen sichtbaren Funktionsebene (Nutzerperspektive) ausgehend anhand geeigneter Merkmale/Ereignisse/Beobachtungen auf die innere Bauweise (Architektur- und Konstruktionsperspektive) geschlossen werden kann, bzw. zumindest begründete Vermutungen über diese Bauweise angestellt werden können.

Besonders der vorletzte methodische Aspekt verdeutlicht, dass hier im Informatikunterricht auch Methoden eingesetzt werden können, die man aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht beim Durchführen und Auswerten von Experimenten kennt. Das für das I&E ausgewählte Informatiksystem dient dabei nicht lediglich als Einstiegsbeispiel, sondern ist zentraler Unterrichtsgegenstand zum Kompetenzerwerb.

Eine differenzierte Darstellung, wie im Kontext der Prozessdimension P0 das Explorieren und Gestalten von Informatiksystemen als iterativer, wechselseitig verwobener Prozess erfolgen kann, ist in [Sc17] zum Explorations- und Gestaltungskreis in der informatischen Bildung sowie zum Informatikkreis als naturwissenschaftlich-technischer Lernmethode beschrieben [Fr19]. Beiden Konzepten liegt die Auffassung zugrunde, dass das Explorieren eines existierenden Informatiksystems, ganz im Sinne des informatischen Re-engineerings, nicht nur zum Systemverständnis beiträgt, sondern auch zu dessen Weiterentwicklung oder zur Neugestaltung eines Informatiksystems führen kann, das auf ähnlichen Prinzipien aufgebaut ist, wie das zuvor explorierte.

### **3 Fazit**

Die Prozessdimension I&E verknüpft das Nutzen eines digitalen Artefakts (Interaktion) mit der fachlich orientierten Analyse und Erkundung der Architektur (dazu können zählen die innere Bauweise, Wirkprinzipien, Funktionsweisen, verwendete informatische Konzepte wie Datenstrukturen und Algorithmen, usw.). Die genaue Bezeichnung von Exploration, sowie Ziele und methodische Hinweise sind zusammengefasst in Abb. 1 dargestellt. Durch die im Papier beschriebenen fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Bezüge wird die Rolle von I&E in informatischen Kontexten verdeutlicht. Diese Rolle wurde anhand von Beispielen und Kompetenzen, auch im Kontext der GI-Standards, insbesondere der Primarstufe, weiter konkretisiert.

Zusammenfassend zeigt sich, dass I&E als Prozessbereich nicht nur auf die Methodik beschränkt ist. In gewisser Weise stellt er das ergänzende Gegenstück zum Prozessbereich

Modellieren und Implementieren dar. Dieser lässt sich ebenfalls nicht auf die Methodik beschränken. Für das Programmieren braucht man wie für das I&E nicht nur Prozesswissen, sondern auch Inhaltswissen; ebenso sind beide auf spezifische unterrichtliche Vorgehensweisen bezogen, die methodisch unterschiedlich ausgestaltet werden können und müssen. Der Prozessbereich I&E kann als vorgeschaltete Erkundungsphase für das 'Re-engineering' eines bestehenden Informatiksystems angesehen werden oder lediglich dem Wissenserwerb der Lernenden dienen, um ggf. in einem späteren Transferprozess das Wissen zur (Neu-)gestaltung eines Informatiksystems anzuwenden. In dieser Sichtweise ist der Prozessbereich Modellieren und Implementieren alleine nicht ausreichend für eine insgesamt gelingende informatische Bildung. Denn die konstruierende Perspektive des Modellierens und Implementierens kann und sollte durch die analytische und reflektierende Sichtweise der Exploration ergänzt werden. In diesem Sinne gehören auch der Explorations- und Gestaltungskreis zusammen[Sc17].

<b>Exploration bezeichnet:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ein Verfahren, um Erkenntnisse zu erlangen (methodische bzw. Prozesskomponente)</li> <li>2. einen generellen Zugang zu Technologie im Alltag (Bildungspolitik- bzw. Kompetenzkomponente: Explorationsfähigkeit als Kompetenz, sich aus einer Nutzungsperspektive die innere Bauweise zu erarbeiten und aus diesen Erkenntnisse Rückschlüsse und Bewertungen der Technologie im Kontext ableiten können)</li> <li>3. einen unterrichtlichen Zugang zu Technologie (Lernen aus Beispielen, nicht nur konstruierend, auch analysierend und reflektierend vorgehen)</li> </ol>
<b>Zielaspekte:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erkennen, dass es unterschiedliche Betrachtungsweisen gibt: Benutzersicht, Konstruktionssicht...</li> <li>2. Zwischen den Betrachtungsweisen wechseln können</li> <li>3. Notwendigkeit des Zusammenhangs der beiden Sichtweisen erkennen können (Duale Natur)</li> <li>4. Duale Natur als fachliche Basis für Diskussion der Relevanz nutzen können- gesellschaftliche und technische Perspektive verknüpfen können.</li> </ol>
<b>Methodische Hinweise:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explorieren von außen nach innen.</li> <li>2. Analytischer, empirischer, reflektierender, interpretierender Zugang (im Gegensatz zum konstruktiven Zugang).</li> <li>3. Sollte wissens- und kompetenzbasiert sein.</li> <li>4. Sollte hypothesengeleitet sein.</li> </ol>

Abb. 1: Was ist Exploration?

## Literaturverzeichnis

- [Be16] Benton, Laura; Hoyles, Celia; Kalas, Ivan; Nos, Richard: Building mathematical knowledge with programming: insights from the ScratchMaths project. In: Proceedings of the Constructionism 2016. S. 25–32, 2016.
- [Fr19] Franke-Wiekhorst, Antonia; Günther, Christine; Brünger, Karen; Magenheimer, Johannes; Romeike, Ralf: „Der Informatikkreis“: Kinder von drei bis zehn Jahren beim Forschen in Informatik begleiten – ein methodisch-didaktisches Material. GdSU-Journal, (9):10–21, 2019.
- [Ge19] Gesellschaft für Informatik (Hrsg.): Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V. erarbeitet vom Arbeitskreis "Bildungsstandards Informatik im Primarbereich" unter Koordinierung von Ludger Humbert. Beilage zu LOG IN, 39. Jahrgang (2019), Heft, 2019.

- [HH15] Hellmig, Lutz; Hempel, Tino: Benutzen – Analysieren – Gestalten – Verankern als didaktische Schrittfolge im Informatikunterricht. In (Gallenbacher, Jens, Hrsg.): Informatik allgemeinbildend begreifen. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 145–154, 2015.
- [Ho12] Hopf, Michaela: Sustained Shared Thinking im frühen naturwissenschaftlich-technischen Lernen. Waxmann, 2012.
- [In] : Instructional Design of a Programming Course: A Learning Theoretic Approach.
- [Ku17] Kultusministerkonferenz, Hrsg. Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017. KMK, 2017.
- [Mo] Modellierung von Standardsoftware aus didaktischer Sicht.
- [MSS] Magenheim, Johannes; Schubert, Sigrid; Schaper, Niclas: Entwicklung von qualitativen und quantitativen Messverfahren zu Lehr-Lern-Prozessen für Modellierung und Systemverständnis in der Informatik (MoKoM). In (Bayrhuber, Horst; Harms, Ute; Muszynski, Bernhard; Ralle, Bernd; Rothgangel, Martin; Schön, Lutz-Helmut; Vollmer, Helmut J.; Weigand, Hans-Georg, Hrsg.): Formate fachdidaktischer Forschung, S. 109–128. Waxmann.
- [SB18] Schulte, Carsten; Budde, Lea: A Framework for Computing Education: Hybrid Interaction System: The Need for a Bigger Picture in Computing Education. In: Proceedings of the 18th Koli Calling International Conference on Computing Education Research. Koli Calling '18, 2018.
- [Sc17] Schulte, C.; Magenheim, J.; Müller, K.; Budde, L.: The design and exploration cycle as research and development framework in computing education. In: 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). S. 867–876, 2017.
- [St17] Stiftung Haus der kleinen Forscher; Bergner, N.; Budrich, Barbara; Köster, H.; Magenheim, J.; Müller, K.; Romeike, R.; Schroeder, U.; Schulte, C.; Hubwieser, P.: Frühe informatische Bildung - Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung "Haus der kleinen Forscher". Verlag Barbara Budrich, 2017.
- [SW17] Sentance, Sue; Waite, Jane: PRIMM: Exploring pedagogical approaches for teaching text-based programming in school. In: Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education. ACM, S. 113–114, 2017.
- [We01] Weinert, Franz: Concept of Competence: A conceptual clarification. In (Rychen, D. S.; Salganik, L., Hrsg.): Defining and Selecting Key Competencies, S. 45–65. Huber, 2001.