

Allgemeinbildung in der digitalen, gestalteten Lebenswelt

Jens Gallenbacher¹

Abstract: Informatik ist allgemeinbildend – das wurde inzwischen deutlich belegt! Dieser Artikel geht der Frage nach, ob in unserer zunehmend gestalteten und durch menschliche Kreativität entstandenen Lebenswelt Schule ohne Informatik überhaupt noch allgemeinbildend sein kann. Auf diesem Wege wird das klassische Peirce'sche Modell der inferentiellen Lerntheorie um die Komponente „Konstruktion“ erweitert.

Keywords: Abduktion, Allgemeinbildung, Allgemeinbildungskriterien, Deduktion, Erkenntnisgewinnungsmethoden, Heymann, Induktion, inferentielle Lerntheorie, Konstruktion, Konstruktivismus, Lebenswelt, Peirce.

1 Einleitung

Vor 14 Jahren zeigte Helmut Witten auf der INFOS 2003 anhand der Aufgaben der allgemeinbildenden Schule nach Heymann auf, dass Informatikunterricht allgemeinbildend ist [Wi2003]. Bereits damals hatte in unserer Lebenswelt ein nie dagewesener Wandel eingesetzt:

Lange Zeit waren die Gesetze der Natur prägender Faktor der Umwelt. Menschen versuchten diese zu verstehen, durch Beobachtung und Schlussfolgerung, aber auch durch Auslegung relevanter Schriften. Wichtige Methoden der Erkenntnisgewinnung waren Induktion, das Ableiten allgemeiner Regeln aus spezifischen Fakten und Deduktion, das Ableiten spezieller Fakten aus allgemeinen Regeln. In der Informatik würden wir von Bottom-up- und Top-down-Verfahren sprechen.

Diese beiden Methoden können alleine allerdings nicht beschreiben, was die immer einflussreicheren Naturwissenschaften hervorbrachten: Eines der wichtigsten geistigen Werkzeuge dieser Disziplinen ist das hypothesengeleitete Experimentieren. Die Hypothese ist keine direkte Schlussfolgerung aus irgendeiner Richtung, daher führte Peirce für die Bildung einer Hypothese den Begriff Abduktion ein [Pe1931]. Das Dreieck nach Abbildung 1 (abgewandelte Form der Version [Mi2015])

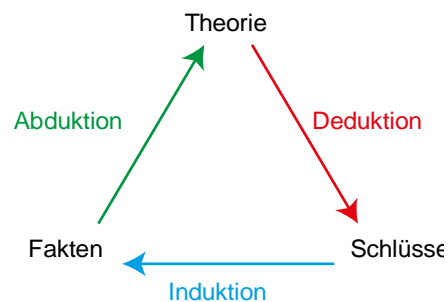


Abbildung 1: Peirce'sches Dreieck

¹ TU Darmstadt, Didaktik der Informatik, Hochschulstraße 10, 64289 Darmstadt, jg@di.tu-darmstadt.de

beschreibt das Modell der inferentiellen Lerntheorie.

Bis etwa Ende des letzten Jahrtausends war diese Abfolge von Abduktion, Induktion und Deduktion auch vollkommen ausreichend für die Erkenntnisgewinnung – zumindest was die Belange der Lebenswelt von Schülerinnen und Schülern angeht: Obwohl immer mehr technische Systeme diese Lebenswelt durchdringen, sind für deren Wirkprinzipien maßgeblich die Gesetze der Natur. So lässt sich etwa für ein sich näherndes Auto trotz „unnatürlichem“ Antrieb mit Hilfe der Kenntnis des Grundprinzips „Kraft = Masse mal Beschleunigung“ abschätzen, ob es sicher ist, die Straße noch davor zu überqueren oder nicht. Selbstverständlich gab es auch bereits im 20. Jahrhundert von Menschen konstruierte Szenarien, für deren Verständnis diese „bekannteren“ Gesetzmäßigkeiten nicht sehr hilfreich waren, etwa innerhalb eines Atomkraftwerks. Für die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler spielten diese Ausnahmen allerdings in der Regel keine Rolle, da die Türen zu entsprechenden Bereichen meistens verschlossen waren.



Das hat sich grundlegend verändert mit der zunehmenden Miniaturisierung und Vernetzung elektronischer Komponenten, die die Umwelt zunehmend prägen – erkennbar in Computern, Spielen oder Geräten zur Unterhaltung sowie unsichtbar in Haushaltsgeräten, der Kleidung oder auch „konventioneller“ Technik. Besonders im zwischenmenschlichen Bereich wird immer mehr „virtualisiert“ – Treffen finden oft nicht mehr vor Angesicht zu Angesicht statt, sondern mit Hilfe mobil vernetzter Geräte, „Freundschaften“ werden in den sozialen Medien etabliert oder zumindest protokolliert. Aktivitäten „online“ bestimmen zunehmend auch den Erfolg „offline“.

Hierbei handelt es sich demnach um einen sehr relevanten Teil unserer Lebenswelt und Schule hat dies bei der Erfüllung ihrer allgemeinbildenden Aufgaben zu berücksichtigen, wie sie etwa von Heymann sehr gut herausgearbeitet wurden.

Bevor ich im Detail darauf eingehe, möchte ich dies am Beispiel illustrieren.

Diese fiktive Schlagzeile der Abbildung 2 ist keine „Fake News“, sondern beruht durchaus auf einer Studie vom Mai 2011 [Ug2011], in der 721 Millionen Menschen mit 69 Milliarden Freund-Beziehungen untersucht wurden – eine Größenordnung, die für empirische Studien äußerst bemerkenswert erscheint.

Allerdings: Einbezogen wurden alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Dienstes Facebook, die länger als vier Wochen angemeldet waren und mindestens eine Freund-Beziehung hatten. Die meisten davon wissen übrigens bis heute nichts davon, dass sie an der Studie überhaupt teilgenommen haben. Im Ergebnis wurde tatsächlich festgestellt, dass ca. 84% der „Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer“ weniger Freunde hatten als der Durchschnitt ihrer Freunde.

Eine wichtige Frage ist allerdings, welche tatsächliche Relevanz diese Erkenntnis hat.

Wir Informatiker kennen für Problemlösung und Problemanalyse das geistige Werkzeug



Abbildung 2: Fiktive Schlagzeile

der Modellbildung und wenn wir dieses für die Fragestellung an einem Beispiel anwenden, kommen wir etwa für eine „normale“ Situation mit 9 Freunden zu einem Graphen wie in Abbildung 3: Knoten repräsentieren die Personen, Kanten die Freundschaftsbeziehungen. Ein sehr kontaktfreudiger Mensch steht hier im Mittelpunkt und hat recht viele Freundschaften. Um ihn herum gibt es mehrere Cliques, die neben ihm nur zwei weitere Freunde kennen.

Damit haben wir eine Person mit acht Freunden und durchschnittlich drei Freundesfreunden sowie acht Personen mit drei Freunden, aber durchschnittlich 4,67 Freundesfreunden. So haben „nachweislich“ acht von neun Personen (also sogar knapp 89%) weniger Freunde als der Durchschnitt ihrer Freunde. Das Beispiel bestätigt also einerseits die Studie, andererseits kann man daran auch relativ leicht erahnen, dass Menschen mit vielen Freunden immer häufiger in die Freundesfreunde-Statistik eingehen als solche mit wenigen Freunden und damit das Facebook-Ergebnis nicht mehr sonderlich

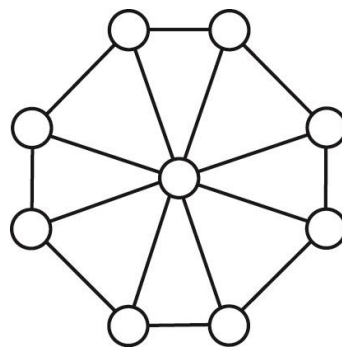


Abbildung 3: Freunde-Graph

überraschend ist.

Zu dem gleichen Ergebnis kommt tatsächlich zwanzig Jahre vor Facebook auch Scott Lauren Feld, der dies als „Freundschaftsparadox“ bezeichnet [Fe1991]: Wenn in einer Gruppe mit Freundschaftsbeziehungen auch nur zwei Personen unterschiedlich viele Freunde haben, hat immer die Mehrheit von Personen weniger Freunde als der Durchschnitt ihrer Freunde.

Dieses Beispiel macht klar, wie wichtig informatisches und ingenieurmäßiges Denken sowie die Kenntnis um informatische Methoden zusammen mit der Kompetenz, diese sinnvoll anzuwenden, sind, um Aussagen richtig interpretieren zu können. Im konkreten Beispiel ist der direkte Einfluss auf die Lebenswelt eher untergeordnet, das Titelbild vom Anfang dieses Artikels sicherlich künstlich. Diese Relevanz ist aber zum Beispiel ganz sicher gegeben im Zusammenhang mit Systemen, die für uns Entscheidungen treffen. Das kann auch die Entscheidung sein, uns mit bestimmten Informationen zu versorgen oder uns diese vorzuenthalten.

So forderte Raj Reddy, Turingpreisträger von 1994, 2016 in Heidelberg in seinem Vortrag „Too Much Information and Too Little Time“ [HLF2016] sogenannte „Guardian Angels“ und „Cognition Amplifiers“ ein. Das sind Softwareprodukte, die für uns die Flut verfügbarer Informationen automatisiert sichten und nur noch interessante Neuigkeiten, Nachrichten und andere Details anzeigen.



Der Kommentar von William Kahan, Turingpreisträger von 1989, auf den Vortrag war „Tell me only, what I want to hear, to reinforce my beliefs, even if they are wrong.“ Er spricht damit an, was wir im deutschen Sprachraum als „Echokammer-Effekt“ oder auch „Filterblase“ kennen. Software auf Mobiltelefonen wie „Siri“ und Geräte wie „Alexa“ dringen einerseits immer weiter in unsere Privatsphäre ein, machen ihre Benutzer transparent und überwachbar. Andererseits gestalten sie zusätzlich aktiv unsere Musikauswahl, unser Medienprogramm, die Nachrichten, die uns erreichen. Die Entwickler betonen immer wieder, dass dies strikt dem eigenen Profil gemäß erfolge, also nur den – ausgesprochenen und unausgesprochenen – Wünschen der Benutzer entsprechend. Selbst wenn wir in dieser Beziehung den Entwicklern nur beste Absichten unterstellen und Missbrauch ausschließen, kann es aufgrund der Filterblase passieren, dass wir vom System nach einer Zeit nur noch das bekommen, was wir auch hören wollen, ohne uns neuen Aspekten und neuen Ideen öffnen zu müssen. Sehr bequem, aber auch etwas einseitig! Schule muss zumindest die Möglichkeit eröffnen, hier eine informierte Meinung zu bilden.

2 Peirce reloaded

Erkenntnisgewinnung allgemein, insbesondere aber in der Schule, muss sich heute auch mit den Wirkprinzipien gestalteter Systeme auseinandersetzen, denn nur ein Verständnis der Wirkprinzipien erlaubt auch eine mündige Entscheidung – privat für oder gegen die Nutzung bestimmter Medien und Kommunikationskanäle, im Sinne staatsbürgerlichen Handelns aber auch in Bezug auf den möglichen, fürsorglichen regulatorischen Eingriff beim Umgang mit Medien und Systemen.

Wie gewinnt man aber nun unter der Annahme konstruktivistischer Lernpsychologie Erkenntnisse? Das in Abbildung 1 visualisierte Modell inferentieller Lerntheorie nach Peirce beschreibt die Möglichkeiten, naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, recht gut:

Abduktion ist die „Kunst“, aus den Beobachtungen der Lebenswelt Hypothesen abzuleiten, die eventuell dazu dienen, das Wissen der Menschheit zu erweitern. Deduktion würden wir Informatiker am ehesten als „top-down“-Verfahren beschreiben: Aus allgemeinen Regeln und Erkenntnissen werden spezielle Details abgeleitet. Induktion wiederum bezeichnet die umgekehrte Vorgehensweise, wenn aus spezifischen Regeln und Beobachtungen allgemeine, weiter greifende Erkenntnisse erschlossen werden. Der Unterschied zur Abduktion ist dabei, dass es sich hier um mehr als eine Theorie bzw. Hypothese handelt.

Diese Methoden der Erkenntnisgewinnung finden wir im Schulunterricht wieder. Auch hier konstruieren Schülerinnen und Schüler im Idealfall ihre Vorstellungen, indem sie aus wahrgenommenen Details allgemeine Regeln ableiten oder indem sie von den allgemeinen Regeln, wie sie etwa aus Schulbüchern recherchiert werden, spezifische Antworten zu aufgeworfenen Fragen ableiten und erweitern so das individuelle Bild ihrer Lebenswelt.

Wenn wir diese beiden Methoden der Erkenntnisgewinnung im Informatikunterricht anwenden, betrachten wir allerdings Computersysteme, Software und die dahinterstehenden Ideen in gleicher Weise wie Naturphänomene: Wie Gegenstände, die entweder unveränderlich vom Universum vorgegeben sind oder zumindest von „Experten“ bzw. „Nerds“, die in der Vorstellung sehr weit weg von der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sind. Die Betrachtung vieler Unterrichtsmaterialien zu Technik und Informatik zeigt, dass diese Sichtweise von außen im System Schule recht verbreitet ist. Das für die Natur- und Geisteswissenschaften sicherlich meistens sinnvolle Paradigma galt allerdings für Informatik wie für andere Ingenieurdisziplinen im engen Sinne noch nie und es wird immer deutlicher, dass es für die heutige Lebenswelt sogar fehlerhaft ist: Informatiksysteme sind von Menschen gestaltet! Menschen, die altersmäßig oft viel näher an den Schülerinnen und Schülern als an den Lehrpersonen liegen.

Um diese Tatsache im allgemeinbildenden Sinne zu berücksichtigen, lässt sich der verbundene Prozess der Erkenntnisgewinnung mit dem Peirce'schen Modell nicht mehr

sinnvoll beschreiben, denn die Lernenden gehen darüber hinaus, Erkenntnisse zu vorhandenen Fakten zu gewinnen: Vielmehr wird die Lebenswelt um neue Fakten erweitert. Traditionell kennen wir das auch schon aus Unterrichtsfächern wie „Deutsch“ oder „Kunst“, in denen Schülerinnen und Schüler ihre Lebenswelt durch Aufsätze oder Kunstwerke erweitern. Anhand von auf Softwareprodukten beruhenden Systemen wie Facebook, Uber oder auch Rootkits² wird jedoch deutlich, dass die Wirkbreite der Gestaltung durch Informatiksysteme deutlich größer ist.

„Konstruktion“ bildet daher heute neben Abduktion, Deduktion und Induktion eine vierte wichtige Säule der Erkenntnisgewinnung, und könnte das Peirce-Dreieck zum Beispiel in der Art der Abbildung 4 erweitern. Im folgenden Abschnitt wird dies im Licht der Heymann’schen Aufgaben der allgemeinbildenden Schulen betrachtet.

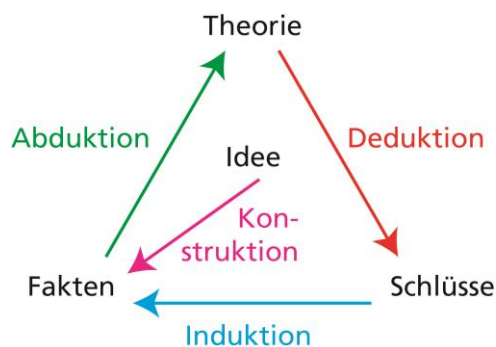


Abbildung 4: Erweitertes Peirce'sches Dreieck

3 Informatik und Allgemeinbildung

Hans Werner Heymann identifiziert in [He2013] fächerunabhängig sieben Aufgaben des allgemeinbildenden Schulsystems: Lebensvorbereitung, Stiftung kultureller Kohärenz, Weltorientierung, Anleitung zum kritischen Vernunftgebrauch, Entfaltung von Verantwortungsbereitschaft, Einübung in Verständigung und Kooperation und Stärkung des Schüler-Ichs. Anhand wichtiger Zitate aus dem Werk wird im Folgenden der Bezug zur Informatik und der gestalteten heutigen Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler hergestellt.

Lebensvorbereitung meint demnach die „Vorbereitung auf all das, was Heranwachsende jetzt oder später für ihre Lebensführung in der Gesellschaft, in der sie aufwachsen, mit großer Wahrscheinlichkeit notwendig und unverzichtbar brauchen und

² „root“ bezeichnet bei bestimmten Betriebssystemen Administratorrechte. Das „rootkit“ ist davon abgeleitet ein meistens auch von Laien zu bedienendes Software-Handwerkszeug, das den Einbruch in fremde Systeme ermöglicht. Oft sind in solche rootkits noch Hintertüren eingebaut, die auch den Autoren des Werkzeugs die Möglichkeit einräumen, ein damit kompromittiertes System für eigene Zwecke auszunutzen.

was sie ohne Schule großenteils nicht lernen würden.“

Betrachten wir Informatiksysteme wie Naturphänomene, können wir sie „verstehen“ lernen und in diesem Zusammenhang sicherlich auch bedienen lernen. Wichtigster Aspekt ist aber das „Begreifen“ der Systeme, was das Nachvollziehen der (von Menschen ausgedachten) Wirkprinzipien impliziert, zusammen mit der Möglichkeit, solche Systeme auch selbst zu gestalten.

Der letzte Punkt ist besonders relevant im Zusammenhang mit der **Stiftung kultureller Kohärenz**: „In allen Fächern sind zentrale Ideen aufzusuchen, mittels derer sich Brücken schlagen lassen zwischen Fach und außerfachlicher Kultur, anhand derer sich deutlich machen lässt, was das Fach (bzw. die korrespondierende Wissenschaft) für die Kulturentwicklung bedeutet, wie es mit ihr verwoben ist, wie es mit dem täglich erfahrbaren gesellschaftlichen Alltag verknüpft ist. [...] In den zentralen Ideen eines Faches [...] verbindet sich der diachrone mit dem synchronen Aspekt der kulturellen Kohärenz: Die zentralen Ideen sind historisch gewachsen, repräsentieren also eine Geschichte; und sie stehen für die Wechselwirkung zwischen Fach und außerfachlicher Kultur, transzendieren also die Grenzen des einzelnen Faches.“

Ebenfalls im direkten Zusammenhang dazu steht die **Einübung in Verständigung und Kooperation**: „Welchen Kurs die hochentwickelten Gesellschaften [...] nehmen können und müssen, darüber dürfen nicht allein Experten befinden, sondern das sind Fragen, die alle angehen und über die alle Staatsbürger - als im Höchstmaß betroffene Laien - mitentscheiden müssen. Die Rationalität derartiger Entscheidungen hängt in hohem Maße von der gelingenden Kommunikation zwischen Laien und Experten ab.“

Viele moderne Wissenschaften – insbesondere Ingenieurwissenschaften und Informatik – arbeiten weitgehend konstruktiv gestaltend. Ein Unterrichtsfach, das diesen Aspekt der Erkenntnisgewinnung aufgreift, ist daher obligatorisch! Andernfalls besteht die Gefahr zweier Parallelkulturen: Auf der einen Seite die der „Nerds“, die (aufgrund außerschulischer Bemühungen) Einblick in die Gestaltung moderner Systeme haben und als „Technokraten“ de facto entscheidende Teile der Lebenswelt gestalten und bestimmen. Auf der anderen Seite die Kultur der „Normalen“, zu denen die gewählten Vertreter der Mehrheit der Bürgerinnen und Bürger gehören, die aber keine aktiven und auch keine passiven Kompetenzen bei der Gestaltung der Systeme haben, sondern lediglich Anwender sind.

Heymann: „Für die Idee der **Weltorientierung** ist ein gewisses ‚Luxurieren‘ des Wissens charakteristisch, gestützt auf die Annahme, dass ein differenziertes Weltbild einen weiten Urteilshorizont erschließt und sowohl die Klärung des eigenen Standortes in der Welt wie auch seine Relativierung erleichtert.“

Dieses „Luxurieren“ zeichnet sich in der heutigen Lebenswelt durch immer kürzere Innovationszyklen aus, die das System Schule zunehmend überfordern. Statt mit Hilfe traditioneller Erklärmodellen den Innovationszyklen hinterherzuhinken, sollte Weltorientierung durch Erweiterung dieser Erklärmodelle um die Konstruktion und die

gestalterischen Aspekte ermöglicht werden und auf diese Weise der Charakter der Innovation selbst als relevanter Lerngegenstand ins Curriculum einziehen.

Zum **kritischen Vernunftgebrauch** schreibt Heymann: „Wer seine Vernunft kritisch gebrauchen kann, wird weder ein bequemer Untertan sein, der fraglos hinnimmt, was Lehrer, Politiker und andere Vertreter institutioneller Macht in der öffentlichen Verwaltung, in Kirche, Wirtschaft und Wissenschaft ihm zumuten, noch wird er sich umstandslos einem vermeintlichen oder faktischen Druck der „öffentlichen Meinung“ beugen. Kritische Vernunft birgt politische Sprengkraft in sich - insbesondere angesichts „unvernünftiger“ Verhältnisse.“

Die im letzten Abschnitt erwähnte „Echokammer“ legt nahe, dass heute ergänzend zu Verwaltung, Kirche, Wirtschaft und Wissenschaft noch informatisch bzw. ingenieurmäßig gestaltete Systeme betrachtet werden müssen, die – gegebenenfalls ganz ohne Hintergedanken ihrer Entwickler – Einfluss auf Meinungsbildung nehmen oder aber auch in Zeiten postfaktischer Politik und Fake-News ganz bewusst zur Manipulation ausgenutzt werden können. Kritischen Vernunftgebrauch rein durch die Betrachtung von außen, aus der Bedienerseite zu erreichen, wird erfahrungsgemäß sehr schwierig! Viel effizienter ist, wenn eine gewisse Durchdringung der Gestaltungsprinzipien erreicht wurde und Basis für die kritische Reflexionskompetenz der Schülerinnen und Schüler ist.

Die **Entfaltung von Verantwortungsbereitschaft** grenzt Heymann folgendermaßen ab: „Verantwortliches Handeln setzt beides voraus, Gefühl und Wissen. Das Verantwortungsgefühl allein kann mich nicht hindern, im Sinne der Verantwortungsethik, die mir die Folgen meines Handelns zurechnet, unverantwortlich zu handeln, wenn ich nämlich zu wenig weiß. Das unverantwortliche Handeln ist dann uninformiertes oder dummes Handeln. Wissen und kritischer Vernunftgebrauch allein können mich andererseits nicht hindern, gewissenlos zu handeln, wenn mir Verantwortungsgefühl und Verantwortungsbewusstsein abgehen. Das unverantwortliche Handeln ist in diesem Falle böses, zynisches oder zumindest leichtfertiges Handeln.“

Schule sollte hier mindestens dafür sorgen, dass sich niemand auf die erste Position zurückziehen kann, indem Probleme, die vermeintlich aus dem gestalteten Teil der Lebenswelt entstehen der alleinigen Verantwortung der „Nerds“ und damit „der anderen“ zugeordnet werden! Auch hierfür ist daher im Unterricht ein Minimum an Einblick in die Gestaltung selbst nötig.

Eine der wichtigsten Aufgaben allgemeinbildender Schulen ist sicher die **Stärkung des Schüler-Ichs**: „Ich-Stärkung zielt auf die Entwicklung von Selbstbewusstsein, Selbstvertrauen, personaler Identität, auf die Fähigkeit, eigene Ziele, Wünsche und Vorstellungen klar zu erkennen und handelnd zu verwirklichen, mit den eigenen Stärken und auch Schwächen realistisch umzugehen.“

Die Möglichkeit, ohne großen finanziellen Aufwand Systeme gestalten zu können, die unsere Lebenswelt und die Art zu leben sowie als Gesellschaft zusammenzuleben

nachhaltig verändern ist – unabhängig davon, ob sich die Schülerinnen und Schüler dafür entscheiden, diese Möglichkeit zu nutzen – wahrscheinlich die bedeutendste Komponente für die Stärkung des Schüler-Ichs. Eine allgemeinbildende Schule muss dafür Sorge tragen, dass diese Möglichkeit nicht nur Kindern aus sogenannten „bildungsnahen“ Schichten zur Verfügung steht, die sich das Prinzip der Konstruktion und Gestaltung auch außerhalb der Schule aneignen können. Alle sollen von diesen Möglichkeiten profitieren und selbstbewusst erwachsen werden, mit dem Vertrauen auf das eigene Potential zur Gestaltung.

4 Resümee

Helmut Witten kam bereits 2003 berechtigterweise zum Ergebnis, dass Informatik allgemeinbildend ist. Für die heutige Lebenswelt und die mit ihrer stetigen Veränderung verbundene immer weiter steigende Dominanz gestalteter Systeme muss erweiternd festgestellt werden:

Eine allgemeinbildende Schule ist ohne die Anerkennung und Berücksichtigung des wachsenden Anteils der von Menschen (mit-)gestalteten Lebenswelt nicht möglich! Im konstruktivistischen Lernprozess ist somit die Erkenntnisgewinnungsmethode „Konstruktion“ als wichtiges allgemeinbildendes Element einzubeziehen.

Für die Vermittlung der abgeleiteten Kompetenzen sind grundständig in informatisch- bzw. ingenieurmäßig-gestalterischem Denken ausgebildete Lehrpersonen obligatorisch, was zwingend ein eigenständiges Unterrichtsfach voraussetzt. Informatik erfüllt diese Bedingungen als einziges bundesweit. Die Forderung nach einem bundesländerübergreifenden Pflichtfach Informatik ist daher gleichzeitig die Forderung nach einer modernen allgemeinbildenden Schule.

Allgemeinbildende Schule ist heute ohne das für alle Schülerinnen und Schüler verbindliche Pflichtfach Informatik mit angemessenem Stundenumfang nicht möglich!

5 Literaturverzeichnis

- [Fe1992] Scott L. Feld: Why do your friends have more friends than you do?, American Journal of Sociology, 96(6), 1991
- [He2013] Hans Werner Heymann: Allgemeinbildung und Mathematik. Studien zur Schulpädagogik und Didaktik, Bd. 13. Weinheim/Basel: Beltz 1996 - Neuauflage 2013
- [HLF2016] Raj Reddy: Too Much Information and Too Little Time, Vortrag auf dem Heidelberg Laureate Forum am 22. September 2016, online unter http://www.heidelberg-laureate-forum.org/event_2016/

- [Mi2015] Gerhard Minnameier: Tightening the Peirce-Strings Forms of Abduction in the Context of an Inferential Taxonomy in Magnani, L. & Bertolotti, T. (Eds.) (2015), Springer handbook of modelbased science. Berlin: Springer
- [Pe1931] Charles Sanders Peirce: The Collected Papers of Charles Sanders Peirce Vols. I-VI ed. Charles Hartshorne and Paul Weiss (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1931-1935), Vols. VII-VIII ed. Arthur W. Burks (same publisher, 1958) in der Electronic Edition 1994
- [Ug2011] Johan Ugander, Brian Karrer, Lars Backstrom, Cameron Marlow: The Anatomy of the Facebook Social Graph, eprint arXiv:1111.4503, 11/2011
- [Wi2003] Helmut Witten: Allgemeinbildender Informatikunterricht? Ein neuer Blick auf H. W. Heymanns Aufgaben allgemeinbildender Schulen in Informatische Fachkonzepte im Unterricht, INFOS 2003, 10. GI-Fachtagung Informatik und Schule, 17.-19. September 2003 in Garching bei München, Seiten 59-75