

Dualitätsrekonstruktion als Hilfsmittel zur Entwicklung und Planung von Informatikunterricht

Carsten Schulte
Institut für Informatik
Freie Universität Berlin
Königin-Luise-Str. 24-26
10495 Berlin
schulte@inf.fu-berlin.de

Abstract: Bislang gibt es kein informatikdidaktisches Verfahren für die didaktische Rekonstruktion von digitalen Artefakten wie z.B. Standardsoftware, um sie für die Unterrichtsplanung aufzubereiten. Im Artikel wird in Form der Dualitätsrekonstruktion ein solches (einfach zu handhabendes) Verfahren vorgeschlagen, das insbesondere auf drei Aspekte zielt: Aktuelle Gegenstände und Beispiele für den IU zugänglich machen; schülerorientierte Unterrichtsplanung und –gestaltung, Verdeutlichung des Alltagsbezugs informatischer Bildung.

1. Überblick

Im Artikel wird ein einfaches Verfahren vorgestellt, mit dessen Hilfe digitale Artefakte [Sc08] wie beispielsweise Handys, MP3-Player, Tabellenkalkulation, digitales Video o. Ä. für den Informatikunterricht didaktisch aufbereitet (rekonstruiert) werden können. Damit können Alltagserfahrungen aufgegriffen und der Alltagsbezug informatischer Bildung verdeutlicht werden. Insbesondere sollen die informatischen Hintergründe so aufgezeigt werden, dass sie als sinnvoll erlebt werden können, indem sie die Funktionsweise digitaler Artefakte erklären, zur Bewältigung komplexer Nutzungsszenarien beitragen und die Lücke zwischen Alltagserfahrungen mit digitalen Artefakten und der Welt der Informatik überbrücken helfen.

Den zentralen Ausgangspunkt der didaktischen Rekonstruktion bildet die Betrachtung der dualen Natur digitaler Artefakte. Die beiden Seiten der Dualität sind Struktur und Funktion. Funktion bezieht sich auf den Einsatzzweck und die Nutzung des Artefakts, die Struktur auf dessen inneren Aufbau. Die entsprechende Analyse wird angereichert durch die Rekonstruktion des (geschichtlichen) Entwicklungspfad, der wesentliche konzeptuelle Ideen und die dynamische Veränderbarkeit aufzeigen hilft. Diese Schritte werden ergänzt durch die Analyse bzw. Rekonstruktion von Lernvoraussetzungen wie Präkonzepten und Vorerfahrungen der Lernenden sowie die Definition der beabsichtigten Lernziele. Lernvoraussetzungen und Lernziele werden jeweils auf den drei Dimensionen Weltbild, Selbstbild und Verhaltensweisen beschrieben.

Bevor der theoretische Hintergrund dieser Konzeption ausgeführt wird, zeigt die folgende Abbildung zunächst ein einführendes Beispiel einer entsprechenden didaktischen Rekonstruktion. Das Verfahren soll auf einfache Weise (daher die Darstellung als Mindmap) die Ideen- und Themenfindung und das Herausarbeiten der inneren Verknüpfung verschiedener wesentlicher didaktischer Dimensionen unterstützen: Fachlicher Gehalt, Vorwissen und Interessen der Lernenden sowie das Bestimmen der Lernziele. Die Abbildung zeigt den grundsätzlichen Aufbau der didaktischen Rekonstruktion, stellt jedoch eine naive Variante dar.

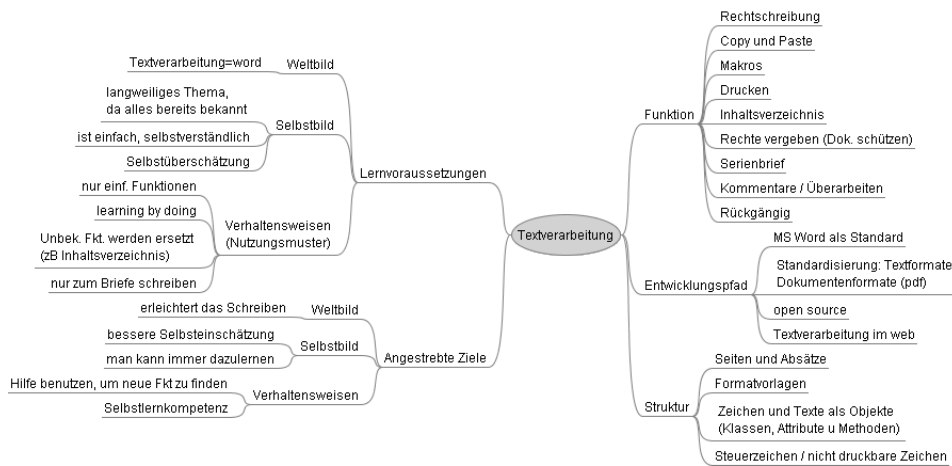


Abbildung 1: Naive didaktische Rekonstruktion der Textverarbeitung

Dieses naive Herangehen birgt zwei Probleme: Erstens wird die Rekonstruktion von Struktur und Funktion schwierig sein und daher wie oben recht oberflächlich bleiben. Das gilt, zweitens, analog für die Bestimmung von Lernzielen: Was sollen denn die Schülerinnen und Schüler überhaupt noch lernen, wenn sie sich vermutlich sogar besser mit der Nutzung auskennen als der Lehrer?

Die folgenden Kapitel ergänzen notwendige theoretische Hintergründe zu Lernvoraussetzungen und zur Dualität digitaler Artefakte, mit denen die Rekonstruktion schrittweise geschärft und ergänzt wird. Dabei wird jeweils auch das einführende Beispiel ergänzt werden.

2. Die duale Natur digitaler Artefakte

Der Ansatz stützt sich auf den technikphilosophischen Ansatz der dualen Natur technischer Gegenstände, demzufolge diese nur dann vollständig erfasst und erklärt werden können, wenn sowohl deren Struktur und Funktion als auch der Zusammenhang dieser beiden Dimensionen berücksichtigt wird. Strukturelemente beziehen sich auf den Aufbau des Artefakts, beispielsweise verwendete informatische Konzepte, Algorithmen und Datenstrukturen. Diese Dimension kann objektiv gemessen werden. Die andere Seite der Dualität, die Funktion, bezieht sich auf den Einsatzzweck des Artefakts und beschreibt

dessen potenziellen Nutzen. Dieser kann jedoch nicht objektiv gemessen werden. Vielmehr handelt es sich um eine sozial verankerte Zuschreibung. Die Dualität von Struktur und Funktion bewirkt, dass zumeist entweder nur die Funktion aus Benutzersicht bzw. von außen, oder die technische Struktur aus Entwicklersicht bzw. von innen, betrachtet wird. Die Funktion betrifft den Nutzen, den das Artefakt bietet, dessen Funktionalität und Eignung, damit die spezifischen individuellen Aufgaben zu erledigen bzw. Einsatzzwecke zu erreichen. Sie antwortet auf die Frage: Was kann ich damit machen? Die Struktur betrifft die physikalische, technische, informatische Seite: Wie ist das Artefakt aufgebaut, zusammengesetzt und wie funktioniert es, welche Prozesse laufen im Inneren ab? Die fachdidaktisch relevante Schlussfolgerung dieser Betrachtung ist, dass digitale Artefakte erstens sowohl unter der Frage des ‚Wie‘ (Struktur) als auch unter der Frage des ‚Warum‘ und ‚Wozu‘ (Funktion) zu betrachten sind; denn Struktur wird ohne Funktion buchstäblich sinnlos. Zudem kann ist Funktion auf entsprechende Struktur angewiesen, ansonsten kann sie nicht verwirklicht werden.

Die folgende Abbildung zeigt die Rekonstruktion der Dimensionen Struktur und Funktion sowie des Entwicklungspfad für die Textverarbeitung. Die Abbildung zeigt verschiedene Merkmale von Struktur, Funktion und Entwicklungspfad auf. Diese Merkmale erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder objektive Gewichtung, sondern stellen vielmehr eine an didaktischen Kriterien zu messende Gewichtung wesentliche Lerninhalte und -ziele dar.

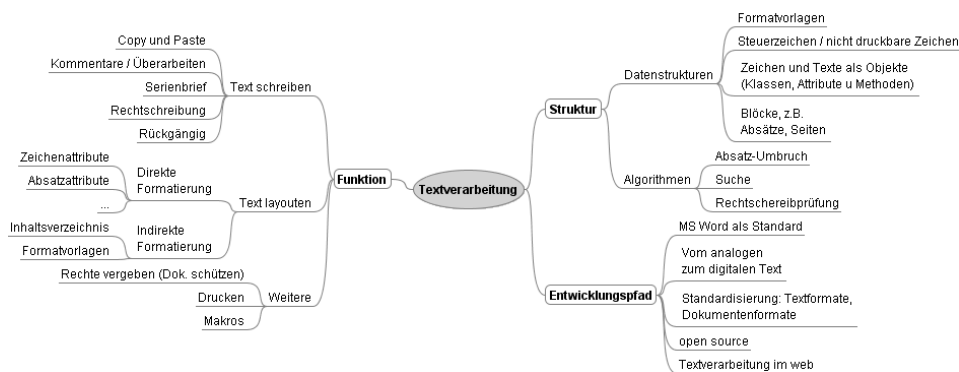


Abbildung 2: Struktur und Funktion des digitalen Artefakts Textverarbeitung

Die Beschreibung der Funktion wird durch den implizit oder explizit berücksichtigten Kontext beeinflusst. In verschiedenen Kontexten sind unterschiedliche Funktionen wichtiger, man denke etwa an Textverarbeitung im Kontext von Seminararbeiten oder in einer kleinen Firma, die Rechnungen ausstellt und Kundenkontakte pflegt (zudem handelt es sich bei der Funktion ja um eine Zuschreibung der Intention). Die in der Abbildung genannten Aspekte sind daher zu einem gewissen Grad subjektiv gefärbt und stellen einen Ausschnitt dar. Ähnliches gilt für die Beschreibung der Struktur – hier können und sollen nur die wesentlichen informatischen Ideen genannt werden. Das birgt ein wenig die Gefahr, Struktur und Funktion als die beiden unverbundenen Pole der Dualität zu fassen. Um dieser Gefahr zu begegnen und die Verzahnung von Funktion und Struktur aufzuzei-

gen, wird die Rekonstruktion von Struktur und Funktion um den Entwicklungspfad ergänzt. Dieser beschreibt die Ideengeschichte des digitalen Artefakts. Dazu werden wesentliche Stationen und Elemente der (mitunter weit zurück reichenden) geschichtlichen Entwicklung und der Versionshistorie berücksichtigt. Entwicklungspfade über mehrere gleichartige digitale Artefakte hinweg machen die Verschränkung von Struktur und Funktion sichtbar. Auf diese Weise kann deutlich werden, wie aufbauend auf vorhandenen Strukturen Veränderungen an diesen vorgenommen werden – und dass Strukturen zur Entdeckung neuartiger Nutzungsmöglichkeiten führen können, an die die ursprünglichen Entwickler nicht gedacht haben. So wird das Ineinander greifen von *Nutzen und Gestalten* deutlich (vgl. [Sc08a], [SK07]).

Bei der Textverarbeitung beispielsweise beschreibt der Unterschied von „digitalem“ und „analogem“ Text den entscheidenden Entwicklungsschritt. Er verspricht den größten Erkenntnisgewinn und Nutzen für die Lernenden. Die Analyse von Selbstbild, Weltbild und Verhalten wird ergeben (siehe den folgenden Abschnitt), dass Textverarbeitung als bekannt und daher wenig spannend eingeschätzt wird, bei gleichzeitig eher oberflächlicher Nutzung. Dieses scheinbare Paradox erklärt sich mit Hilfe der dualen Natur der Textverarbeitung: Während sie aussieht wie eine weiterentwickelte Schreibmaschine (Funktion), arbeitet sie dennoch nach fundamental anderen Prinzipien (Struktur), die aber nicht offensichtlich sind. Dieses Missverständnis führt dazu, dass Textverarbeitung als bessere Schreibmaschine und somit nur oberflächlich genutzt und wahrgenommen wird. Die Schreibmaschine arbeitet mit „analogem“ Text, das heißt mit dauerhaften visuellen Markierungen auf einem festen Beschreibstoff. „Digitaler“ Text zeichnet sich demgegenüber durch die Trennung von Code und Font aus. So wird nicht das visuelle Arrangement der Fonts, sondern der (Uni-)Code der Zeichen, zusammen mit Layoutanweisungen, gespeichert. Beim Schreiben werden Codes eingegeben, die von der Textverarbeitung in einer für das menschliche Auge nicht wahrnehmbaren Verzögerung in das visuelle Pendant umgerechnet werden. Dabei wird nicht nur der visuelle Teil des Zeichens berechnet und dargestellt, sondern auch der notwendige Absatz- und Seitenumbruch sowie eventuelle Umbrüche eingebetteter Objekte. Das digitale Artefakt Textverarbeitung vermittelt demgegenüber jedoch die Illusion, der Benutzer würde gleichsam auf virtuellem Papier schreiben und entsprechend den Text direkt formatieren ([Sc08a], [Sc08b], [Ha06]).

3. Rekonstruktion von Lernvoraussetzungen, Finden von Zielen

Mittlerweile verfügen Schülerinnen und Schüler (fast ausnahmslos) über vielfältige Erfahrungen mit unterschiedlichen digitalen Artefakten, bevor sie das erste Mal in der Schule eine Form informatischer Bildung erleben (sei das nun ITG, die Computer-AG oder der Informatikunterricht).

Verwunderlich ist jedoch, dass trotz allgemein umfangreicher Nutzungserfahrungen mit unterschiedlichen digitalen Artefakten diametral entgegengesetzte Computerbiografien entstehen (vgl. [SK07]): Für eine Gruppe bilden diese Erfahrungen die Eintrittskarte in die Welt der Informatik, für eine andere Gruppe bilden scheinbar fast identische Erfahrungen eine unüberwindbare Barriere, die den Einstieg in die Informatik verhindert. Die

einen sehen nur den Aspekt des Benutzens, sie fühlen sich zumeist als Outsider in Bezug auf Informatik und den professionellen Umgang mit digitalen Artefakten. Die anderen sehen auch Aspekte des Gestaltens, sie fühlen sich als Insider und schätzen sich als professionelle Benutzer ein. Nicht nur die Weltbilder unterscheiden sich, sondern auch die Selbstbilder und Handlungsmuster. Irgendwo müssen sich Qualität und subjektive Aufarbeitung oder Möglichkeit der Aufarbeitung ähnlich fundamental unterscheiden.

Die Suche nach der Antwort führt zum Ansatz der Dualität digitaler Artefakte. Damit kann der Unterschied des Erlebens auf die Dualität von Struktur und Funktion zurückgeführt und erklärt werden. In der Nutzung digitaler Artefakte wird zunächst die Funktion wahrgenommen und dementsprechend Funktionalität des Artefakts genutzt – in problematischen Nutzungssituationen und in der Nutzung komplexer Funktionalität muss zusätzlich auf erworbenes Strukturwissen über die innere Funktionsweise des Artefakts zurückgegriffen werden. Und eben dieses ist wohl nicht allen aufgrund von Benutzungserfahrungen zugänglich. Wenn sich jemand trotz intensiver Computernutzungserfahrungen als reiner Benutzer einschätzt, der mit Administration, dem Lösen von Benutzungsproblemen etc. (=dem professionellen Nutzen) überfordert ist, dann sind die eigenen Erfahrungen der Computernutzung entweder nur auf der Ebene der Funktion verarbeitet worden bzw. die in der Nutzung erworbenen Vorstellungen über die Struktur sind zu lückenhaft oder falsch. Jemand, der sich als Gestalter einschätzt, hat dagegen in viel höherem Ausmaß angemessene Vorstellungen der Struktur aufbauen können, die zum einem professionelle Nutzung ermöglichen und damit das bewusste Umgestalten der angebotenen Strukturen erlebbar machen. Von dieser Warte aus kann dann auch – im Kontrast zu den Nutzern – Softwareentwicklung und Programmieren als interessant, sinnvoll und nützlich erlebt werden.

Zum andern erklärt die Dualität, weshalb die professionelle Benutzung und die professionellen Benutzer (die ‚Informatiker‘) als unzugänglich, merkwürdig oder magisch beschrieben und erlebt werden. Ein ‚Outsider‘ kann sich schlicht nicht erklären, wieso ‚auf einmal‘ dann doch die im Text eingebettete Grafik an der richtigen Stelle bleibt. Denn auch der professionelle Benutzer nutzt dieselben Werkzeuge, ruft nur Funktionalität auf, aber bei ihm macht der Computer das, was er soll – versucht es aber der Benutzer alleine, dann scheint es, als höre der Computer nicht auf ihn. Wer nur die Seite der Funktion wahrnimmt, der kann eben nicht unter Rückgriff auf die Struktur die Situation erklären und zielgerichtet Funktionalität benutzen.

In *Computernutzungsbiographien*, den biographischen Studien zur Genese von lernrelevanten Einstellungen und Verhaltensweisen gegenüber der Informatik und dem Benutzen von verschiedenen digitalen Artefakten hat sich die Analyse von drei miteinander verzahnten Dimensionen als sehr ertragreich herausgestellt ([KS07], [SK07]). Diese drei Dimensionen werden daher auch für die Dualitätsrekonstruktion herangezogen. Die obige Diskussion der Diskrepanz zwischen der Wahrnehmung der Textverarbeitung als bessere Schreibmaschine und der tatsächlichen „Funktionsprinzipien“ zeigt, wie die Dualität von Struktur und Funktion hilft, relevante Unterschiede in Welt- und Selbstbildern sowie zugeordneten Handlungsmustern aufzudecken. Die Rekonstruktion von Welt- und Selbstbildern und Handlungsmustern spezifisch für ein digitales Artefakt erlaubt, spezifische

Lernziele als Veränderungen auf diesen drei Dimensionen zu fassen, und durch die Rekonstruktion des vermuteten Präkonzepte auch Wege (=Lernpfade) zum Erreichen der Ziele zu konstruieren.

Die folgende Abbildung zeigt die Rekonstruktion von *Weltbild*, *Selbstbild* und *Verhalten* in Bezug auf das Beispiel der Textverarbeitung:

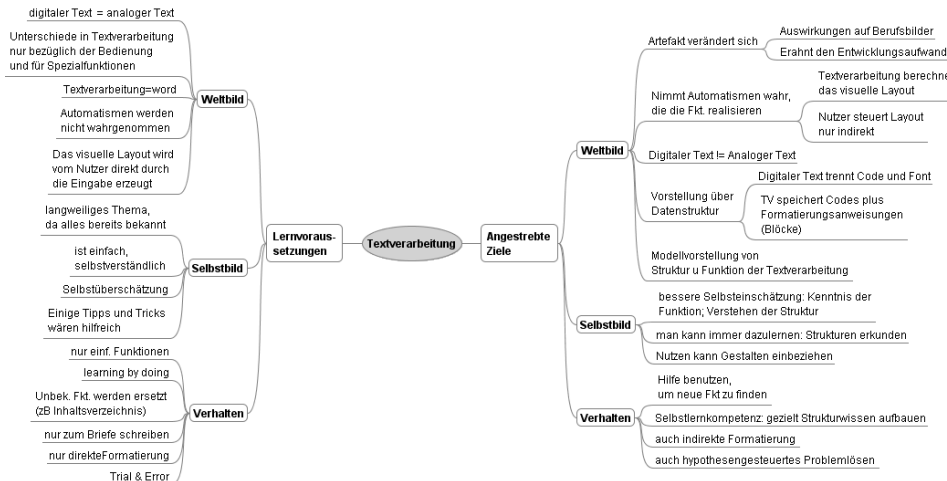


Abbildung 3: Lernvoraussetzungen und Lernziele, analysiert nach den Dimensionen Weltbild, Selbstbild und Verhalten

4. Zusammenfassung: Das Verfahren der Dualitätsrekonstruktion

Die vorangegangenen Abschnitte zeigten die einzelnen Schritte der Dualitätsrekonstruktion auf. Die folgende Abbildung zeigt ein mögliches zusammenfassendes Ergebnis der Dualitäts-Rekonstruktion der Textverarbeitung (vgl. [Sc08a], [Sc08b]).

So wie am Beispiel der Textverarbeitung wird vermutlich recht oft der Schwerpunkt auf der Rekonstruktion der wesentlichen Strukturelemente liegen. Textverarbeitung gilt als einfach – schließlich wird sie ja bereits in der Grundschule eingesetzt. Allerdings zeigen empirische Studien, dass oft zu wenige Strukturkenntnisse vorliegen und Lehrkonzepte, die eine Vorstellung wesentlicher Strukturelemente einschließen, besser abschneiden als solche, die sich nur auf Funktionsaspekte beziehen (vgl. [Sc08a]). In der obigen Rekonstruktion sind diese Elemente bzw. Ideen stichwortartig mit den Begriffen *digitaler Text* (d.h. der Trennung von Code und Font), *indirekte Formatierung* (insbesondere den dazu notwendigen komplexen Funktionen) und *Umbruchalgorithmen* erfasst.

Es wird vermutet, dass die Lernenden ein Weltbild haben, in dem nicht zwischen analogem und digitalem Text unterschieden wird. Diese Unterscheidung ist ein Lernziel, welches das Weltbild betrifft, aber auch Selbstbild und Verhaltensweisen beeinflusst. Thematisiert werden soll dieser zentrale Inhalt vor allem am Beispiel des Entwicklungspfad.

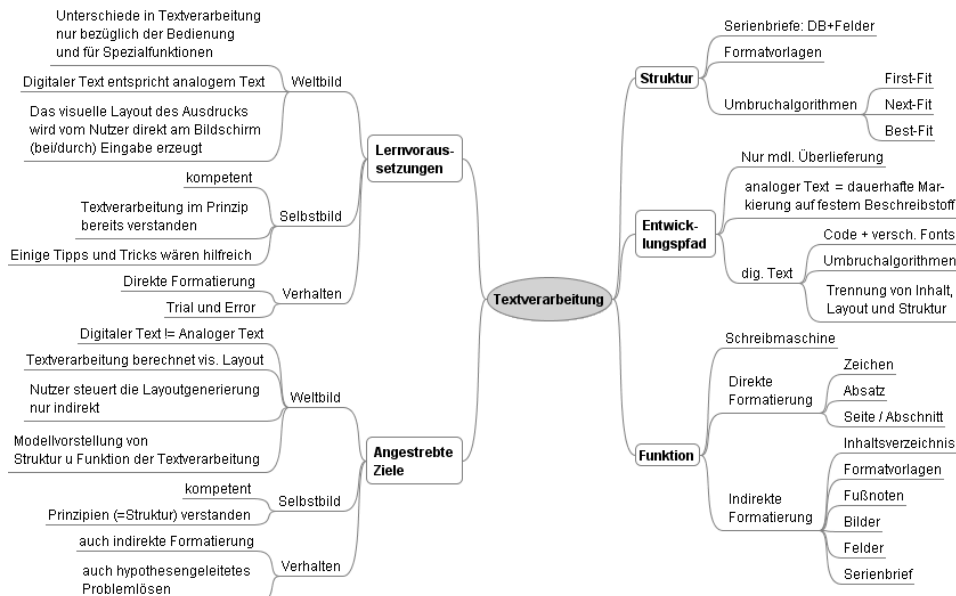


Abbildung 4: Didaktische Rekonstruktion der Textverarbeitung

Eine genauere Durchsicht der in der Mindmap gesammelten Inhalte und ihrer Sequenzierung wird weitere innere Vernetzungen aufzeigen: Digitaler Text als Grundlage für die notwendigen Umbruchalgorithmen, die wiederum Ausgangspunkt für weitere Layoutfunktionen sind und damit die indirekte Formatierung ermöglichen (vgl. Diskussion der Ideengeschichte in Abschnitt 2.). Diese aufbauenden Funktionen sind zumeist komplexe Funktionen (zu komplexen Funktionen vgl. „implicit operations“ und „explicit operations“ in [Sc08b]).

Generelles spezifisches Lernziel der Dualitätsrekonstruktion ist, ein angemessenes Bild des digitalen Artefakts aufzuzeigen, indem wesentliche Strukturelemente auf typische Funktionselemente bezogen werden und damit Grundlagen für kompetente Nutzungsstrategien der Schülerinnen und Schüler legen. Diese wiederum führen zu der unmittelbar erlebten Erfahrung, dass informatische Bildung im Alltag sinnvoll und nützlich sein kann.

Insgesamt sind verschiedene der oben rekonstruierten Lernvoraussetzungen, Ziele und Lerninhalte generisch; d.h. sie können auf andere Artefaktklassen angepasst und übertragen werden: relevantes Strukturwissen für kompetente Interaktion, hypothesengesteuertes Problemlösen mit Hilfe von Strukturwissen, angemessene Modellvorstellung des Zusammenhangs von Funktion und Struktur.

Die Darstellung des Schemas in Form einer Mindmap soll auf zweierlei Aspekte hinweisen: Zum einen geht es darum, in einem Ideensammelprozess wesentliche Gedanken kurz festzuhalten – was durchaus einschließen kann, dass zwischendurch Fragen auftreten, die recherchiert werden müssen. Zum anderen geht es darum, die Beziehungen zwischen den Hauptkästen zu sehen: Zwischen Lernvoraussetzungen, Zielen und Eigenschaf-

ten des digitalen Artefakts. Das heißt beispielsweise, dass durch das Nachdenken über die Struktur ggf. deutlich wird, welche möglichen unzureichenden Präkonzepte bestehen.

In der folgenden Tabelle zeigt Leitfragen für die Dualitätsrekonstruktion:

Lern- vor- aus- set- zun- gen	Weltbild	Welche vorunterrichtlichen Vorstellungen über Funktion und Struktur des digitalen Artefakts könnten existieren? Welche Vorstellungen über typische Verwendungen und typische Verwender liegen vor?
	Selbstbild	Welche Einstellungen gegenüber dem dA werden vermutet? Z.B.: Interesse, Abwehr, eigene Einschätzung als kompetent oder nicht kompetent. Sieht man sich selbst als typischer oder möglicher Anwender?
	Handlungsmuster	Gibt es typische Nutzungsweisen der Lernenden? Welche Funktionen werden typischerweise benutzt? Welche (komplexen) Funktionen eher nicht? Gibt es typische Strategien im Umgang mit Fehlern oder komplexen Anwendungsfällen?
Ziele	Weltbild	Können wesentliche Struktur- und Funktionselemente erklären und aufeinander beziehen. Können den Zusammenhang von wesentlichen Struktur- und Funktionselementen nutzen, um die „Natur“ des digitalen Artefakts zu erklären. Verstehen, wie welche Strukturen beim Anwenden erzeugt werden, bzw. als Voraussetzung für die Nutzung komplexer Funktionen erzeugt werden müssen.
	Selbstbild	Können die eigene Rolle beim Benutzen reflektieren, haben das Selbstvertrauen, sich weiter einzuarbeiten (sowohl in Strukturen als auch in komplexe Funktionen)
	Handlungsmuster	Können Kenntnisse über Strukturen, Funktionen und komplexe Funktionen nutzen, um sich in neue Anwendungsszenarien einzuarbeiten. Können zielgerichtet mit dem digitalen Artefakt experimentieren, um die eigenen Vorstellungen über Struktur und Funktion zu prüfen. Können hypothesengeleitet Probleme in Anwendungsszenarien lösen, können zielgerichtet Ursachen für Defekte überlegen und prüfen, indem sie dazu auf die Verknüpfung von Struktur und Funktion zurückgreifen.
Digi- tales Arte- fakt	Funktion	Welches sind die wesentlichen Funktionen des digitalen Artefakts? Welches sind die wesentlichen komplexen Funktionen?
	Entwicklungspfad	Wie haben sich typische Funktionen und Strukturen aus den Vorläufern (älteren Versionen, verwandten Artefaktklassen) entwickelt? Welche Erweiterungen / Veränderungen sind in naher Zukunft absehbar (z.B. angekündigte neue Versionen)? Welches sind die tragenden, d.h. erklärenden und sinngebenden Ideen dieser Entwicklung (aus Sicht der Funktion wie der Struktur)? Gibt es relevante 'analoge' Vorläufer des digitalen Artefakts? Welche spezifische Eigenschaften können durch Verweis auf diese Vorläufer erklärt werden?
	Struktur	Welches sind die wesentlichen Strukturen des digitalen Artefakts? Strukturen können sein: wichtige informatische Konzepte (Backtracking, Schichten, Geheimnisprinzip, Benutzungsmetapher); das Konzept der verwendeten Datenstruktur (Container als Listen, Graphen oder Bäume), (wesentliche Ideen der zentralen) Algorithmen.

Abbildung 5: Leitfragen für die Dualitäts-Rekonstruktion

Zudem sollten die folgenden Regeln der Dualitätsrekonstruktion berücksichtigt werden:

- **Exemplarische Inhalte herausarbeiten:** Es geht darum, die wesentlichen Aspekte herauszuarbeiten – eine vollständige Beschreibung von Funktions- und Strukturelementen eines digitalen Artefaktwürde jede Darstellung sprengen. Die Mindmap stellt also die für den Unterricht ausgewählten bzw. in Betracht kommenden Themen dar.

- **Innere Vernetzungen herausarbeiten:** Die einzelnen Aspekte sollen aufeinander bezogen werden. Wie im Beispiel gibt es immer logische und inhaltliche Beziehungen zwischen den Hauptästen. Angenommene Weltbilder in den Lernvoraussetzungen beziehen sich oft auf vermutete Defizite im Strukturwissen, daraus leiten sich Ziele ab. Zudem sollten die Funktionsaspekte deutlich werden, an denen Strukturelemente erklärt und als sinnvoll erlebt werden können.
- **Ideengeschichte herausarbeiten:** Im Entwicklungspfad, der Ideengeschichte des Artefakts, können längerfristig gültige Struktur- und Funktionsaspekte, oder gerade Brüche in diesen Aspekten deutlich werden. Diese Themen werden dann im Unterricht in Bezug auf ‚historische Einordnung‘ vermittelt – sie brauchen nicht eigens nochmal in Struktur oder Funktionsast aufgeführt werden (vgl. Abbildung 4). Das Verfahren sieht daher vor, zumindest kurz auf die Entwicklungsgeschichte einzugehen. Hintergrund ist die These, dass jedes aktuelle digitale Artefakt Merkmale aufweist, die nur vor einem solchen Hintergrund erklärbar sind. Nur durch Kenntnis der Entwicklungsgeschichte ist Verständnis für den Artefaktcharakter (das heißt das menschengemachte, das intentional gestaltete und veränderbare) erreichbar. Nur so wird die Rolle der Informatik deutlich. Das ist die Voraussetzung, um ein angemessenes Bild der Wissenschaft Informatik und ihrer Anwendungen zu vermitteln.
- **Aus Fakten Erkenntnisse gewinnen:** Die Ziele sollen stets auf allen drei Dimensionen liegen, um ein reines Vermitteln von Faktenwissen zu vermeiden. Im Sinne eines weiten Kompetenzbegriffs umfasst Lernen mehr als rein kognitive Aspekte, mehr als die Vermittlung von Faktenwissen. Neben motivationalen und willensmäßigen Aspekten sind auch handlungsrelevante Dimensionen zu berücksichtigen, die aus Fakten Erkenntnisse werden lassen. Erkenntnisse wirken handlungsleitend, geben Orientierung, werden zur Gewinnung weiteren Wissens eingesetzt, verknüpfen Fakten. Handlungsrelevanz muss mehr bedeuten als eine Operationalisierung zur Überprüfung des Faktenwissens. Der Begriff des Orientierungswissens mag diesen Aspekt in Abgrenzung zum Faktenwissen beschreiben.

5. Didaktisch-Methodische Konsequenzen und Schlussfolgerungen

5.1. Methodische Konsequenzen

Das Experimentieren zeichnet sich als eine geeignete Unterrichtsmethodik ab, um a) das hypothesengeleitete Problemlösen einzuüben, b) eine Brücke von der Funktion zur Struktur zu schlagen und c) so eine angemessene Modellvorstellung über den Zusammenhang von Funktion und Struktur zu entwickeln.

Die Lernenden experimentieren hypothesengeleitet mit einzelnen Funktionen und entdecken so die zu deren Erbringung implementierten Strukturen. Das Verfahren liefert eine Grundlage für entdeckenden Unterricht, den ich als *Experimenteller Zugang zu digitalen Artefakten* beschreiben möchte: Schülerinnen und Schüler entdecken den Zusammen-

hang von Funktion und Struktur; verbalisieren ihre Vermutungen über die Struktur; wenden Funktionalität gezielt an, d.h. bauen (Daten-) Strukturen auf; rufen einen Befehl auf und prüfen das Ergebnis in Bezug auf die Vorhersage, um so die Vermutung über Strukturelemente zu prüfen. Gleichzeitig lernen sie so Aspekte des professionellen Benutzens. Es entsteht eine *Brücke* für die Benutzer, auch professionelles Benutzen und Gestalten erleben zu können (vgl. [SK07]). Zudem: Wir können gezielt und systematisch diese Experimente entwickeln. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass bei der Dualitätsrekonstruktion automatisch entsprechende Ideen entstehen. Beispielsweise könnte nach der Erarbeitung einiger unterschiedlicher Umbruchalgorithmen ein Experiment entwickelt werden, mit dem geprüft werden kann, welcher Algorithmus für den Umbruch am Bildschirm benutzt wird. Aufbauend darauf könnte mit komplexeren Layoutsituationen experimentiert werden, beispielsweise der Anordnung eingebetteter Grafiken (hier kann der Benutzer durch verschiedene Verankerungen der Grafik im Text unterschiedliche Layoutstrategien auswählen). An diesem Beispiel kann deutlich werden, dass das auf den ersten Blick für den Benutzer verwirrendes Verhalten („Wieso hat die verflixte Software schon wieder das Bild verschoben?“) durch Strukturwissen erklärt werden kann und wie nun durch stärker hypothesengeleitetes Vorgehen Benutzungsprobleme gelöst werden können.

5.2. Didaktische und bildungstheoretische Konsequenzen

Die duale Natur digitaler Artefakte bewirkt verschiedene Schwerpunktverlagerungen in der Betrachtung des Lerngegenstands: Die vermeintlich 'reine' Informatik als von der Struktur her kommend wird zunehmend Funktion einbeziehen – das kann im Informatikunterricht geschehen, indem z.B. Algorithmen als Strukturaspekte digitaler Artefakte behandelt werden, anstelle losgelöster Unterrichtseinheiten zu Algorithmen. Umgekehrt muss 'reine' Anwenderschulung, von der Funktion her kommend, zunehmend die Struktur einbeziehen. Damit sind folgende Schwerpunkte in den Richtzielen informatischer Bildung verknüpft (vgl. [Sc08b]): A) Vermitteln von Orientierungswissen, bzw. Aufklärung über die Natur der digitalen Artefakte, die den Einzelnen umgeben und dessen Alltag prägen. B) Vermitteln von angemessenen Nutzungskompetenzen, die über Anwenden einfacher Funktion hinausgehen und komplexe Funktionen, das Anpassen vorhandener Strukturen und ggf. die Erweiterung um neue Strukturelemente einschließen. C) Vermitteln von Orientierungswissen über Verfahren, Werkzeuge und Entwicklungslinien der Wissenschaft Informatik, die die Entwicklung digitaler Artefakte ermöglicht und die (zum Teil weitreichende) Ideengeschichte verstehbar macht.

6. Diskussion der wesentlichen Ziele des Verfahren

Das vorgestellte Verfahren hat drei wesentliche Ziele (vgl. den Anfang des Artikels): Aktuelle Gegenstände und Beispiele für den Informatikunterricht zugänglich machen; schülerorientierte Unterrichtsplanung und -gestaltung, Verdeutlichung des Alltagsbezugs informatischer Bildung. Im Folgenden werden diese drei Anforderungen aus unterrichtspraktischer Sicht und im Hinblick auf fachdidaktische Forschungsfragen diskutiert.

A) Aktualität ermöglichen

Aktualität kann natürlich auf vielfältige Art und Weise hergestellt werden (Aufgreifen von Medienberichten, aktuelle Schlagzeilen aus der Forschung, Ereignisse an der Schule, aktuelle Anforderungen aus anderen Unterrichtsfächern, etc.). Hier wird (nur) ein Weg vorgeschlagen: Informatische Inhalte anhand der Verzahnung von Funktion und Struktur aktueller digitaler Artefakte zu verdeutlichen. Dieser Weg wird insbesondere deshalb vorgeschlagen, um – schlagwortartig formuliert – ITG und Informatik zu verknüpfen, die sich klassischerweise entweder fast ausschließlich auf die Dimension der Funktion oder fast ausschließlich auf die Dimension der Struktur beziehen. Das Verfahren erleichtert es, jeweils neue und neuartige digitale Artefakte mit dem soeben formulierten Anspruch zielgerichtet für den Unterricht aufzuarbeiten. Eine gründliche Dualitäts-Rekonstruktion sprengt jedoch bei weitem den Aufwand für die alltägliche Unterrichtsvorbereitung. Allerdings kann das Verfahren entsprechende fachdidaktische Forschungsprojekte anregen.

Zudem ergibt sich auf mittlere Sicht ein deutlicher Vorteil, wenn man sich die Bedeutung des Entwicklungspfad ansieht: Auch neue, d.h. stark veränderte Artefakte weisen in ihrem Entwicklungspfad wesentliche Inhalte auf, die durch eine neue Version nicht entwertet werden – Analoges gilt für neuartige Artefakte, die zumeist aus Erfahrungen und Ideen mit anderen Artefakten und den dort verwendeten Strukturen und Funktionen entstehen. Positiv formuliert: Hat eine Lehrkraft sich auf diese Weise eine Artefaktklasse erschlossen, dann können wesentliche Anteile auf neue Artefakte dieser Klasse – und damit wesentliches didaktisch-methodisches Wissen – übertragen werden. In diesem Sinne erleichtert das Verfahren Aktualität.

B) Schülerorientierte Unterrichtsplanung

Auch Schülerorientierung wird durch vielfältige Maßnahmen erreicht, eine wesentliche Bedingung für Schülerorientierung liegt beispielsweise in der konkreten Unterrichtsdurchführung.

Für die Forschung eröffnet sich hier ein Feld, das schlagwortartig mit dem Begriff der Artefaktbiographie bezeichnet werden kann. Artefaktbiographien erheben spezifische auf eine Artefaktklasse bezogene Lernvoraussetzungen, einschließlich möglicher Lernhürden im Sinne negativer Attribuierungen oder Lernhemmungen (die auch im übersteigerten Selbstbewusstsein liegen können). Damit werden Lernverläufe, Lernbiographien und spezifische Alltagsvorstellungen über bestimmte Artefakte erhoben und können für einen schülerorientierten Unterricht genutzt werden. Zur Zeit liegen solche Forschungen, wenn überhaupt, nur vereinzelt vor. Aber auch in der praktischen Planung sollte die gedankliche Rekonstruktion der Lernvoraussetzungen die Schülerorientierung erhöhen. Zudem erlaubt der Ansatz die spezifische Diskussion und Auswahl von Lerninhalten und Lernzielen (viel genauer als: Die SuS lernen wesentliche Konzepte der Textverarbeitung kennen, nämlich: Auflistung wesentlicher Konzepte, Abgrenzung zu anderen Artefaktklassen, Kombination mit typischen Anwendungsszenarien). Schülerorientierung in Bezug auf die Unterrichtsdurchführung wird zudem ein wenig in Bezug auf möglichen entdeckenden Unterricht mit Hilfe von Experimenten gefördert (vgl. Abschnitt 5.1.).

C) *Den Alltagsbezug informatischer Bildung verdeutlichen*

Konkrete Gegenstände des Unterrichts (die behandelten digitalen Artefakte) verdeutlichen die Relevanz informatischer Bildung. Durch entsprechende Auswahl zu thematisierender digitaler Artefakte entsteht ein nachvollziehbarer Alltagsbezug für die Schülerinnen und Schüler. Wesentlicher Punkt ist das Erlebnis, wie informatische Kenntnisse die Funktionsweise digitaler Artefakte erklären und so helfen, komplexe Nutzungsszenarien zu bewältigen. Diese Relevanz im Alltag kann immer wieder neu an neuen Artefakten und dem Aufdecken ihrer Strukturen erlebt werden. Zudem werden auf diese Weise abstrakte, theoretische Konzepte der Informatik in konkreten Anwendungssituationen, in sinnstiftenden Kontexten bzw. alltäglichen oder zumindest zugänglichen Nutzungssituationen verankert.

7. Literaturverzeichnis

- [Ha06] Haigh, Thomas: Remembering the Office of the Future: The Origins of Word Processing and Office Automation. In: IEEE Annals of the History of Computing, October-December 2006, S. 6-31.: <http://tomandmaria.com/tom/Writing/Annals2006WP.pdf>
- [KS07] Knobelsdorf, Maria; Schulte, Carsten: Das informatische Weltbild von Studierenden. In: Schubert, Sigrid (Hg.): Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis. 12. GI-Fachtagung Informatik und Schule - INFOS 2007, Siegen, S. 69–79.
- [Sc08a] Schulte, Carsten: Duality Reconstruction – Teaching Digital Artifacts from a Socio-technical Perspective. In: Informatics Education - Supporting Computational Thinking. Third International Conference on Informatics in Secondary Schools - Evolution and Perspectives, ISSEP 2008. S. 110-121
- [Sc08b] Schulte, Carsten: Die duale Natur digitaler Artefakte als Kern Informatischer Bildung. In: Münsteraner Workshop zur Schulinformatik 2008. S. 7-24
- [SK07] Schulte, Carsten; Knobelsdorf, Maria: Attitudes towards computer science - computing experiences as a starting point and barrier to computer science. In: Proceedings of the third international workshop on Computing education research, ICER '07, S. 27-38, 2007, <http://doi.acm.org/10.1145/1288580.1288588>.