

Medizinische Informatik in der Sek 1

Kerstin Strecker

Hainberg-Gymnasium Göttingen
Friedländer Weg 19
37085 Göttingen
kerstin.strecker@gmx.de

Abstract: In diesem Artikel werden Unterrichtssequenzen aus verschiedenen Inhaltsbereichen der Informatik der Sekundarstufe 1 anhand medizinischer Kontexte vorgestellt. Sie zeigen, wie Informatik unter dem Oberbegriff „Informatik hilft!“ und damit einem sozialen Kontext unterrichtet werden kann. Der soziale Kontext wirft einen anderen Blick auf die Informatik, die oft eher anhand technischer und mathematischer Problemstellungen unterrichtet wird. Dies soll helfen, andere Zielgruppen zu erreichen, insbesondere Mädchen für die Wahl des Faches Informatik zu motivieren.

1 Einführung

An Universitäten werden seit langem immer mehr sogenannte Bindestrich-Informatiken gelehrt wie Bioinformatik, Wirtschaftsinformatik, Geoinformatik oder andere, da Informatik Werkzeuge und Verfahren liefert, Lösungsideen für Probleme der Anwendungsbereiche zu entwickeln und dies nicht ohne spezifische Kenntnisse des Anwendungsbereichs erfolgreich sein kann. Überträgt man dies in die Schule, reden wir von fächerübergreifendem Unterricht oder einer Art von „Informatik im Kontext“ (vgl. [DKW11]), wobei der Kontext nicht nur für einzelne Unterrichtssequenzen besteht, sondern die Unterrichtskontexte ihrerseits zusätzlich fachlich zusammenhängend sind und über den gesamten Zeitraum des Informatikunterrichts hinweg, z.B. in der gesamten Sekundarstufe 1, integrativ unterrichtet werden. „Der Anwendungsbereich [...] liefert automatisch Problemstellungen, Beispiele und sinnvolle Anwendungen für den informatischen Bereich.“ [Mo10]. In diesem Artikel sollen Sequenzen aus unterrichtsrelevanten Bereichen der Informatik der Sek 1 anhand medizinischer Kontexte aufgezeigt werden. Ein Wahlpflichtkurs „Medizinische Informatik“ wurde in den Schuljahren 2007/2008 bis einschließlich 2009/2010 in Jahrgang 7 bis 9 vierstündig pro Woche durchgeführt. Mit dem Anwendungsbereich Medizin wurde bewusst ein sozialer Kontext gewählt, um vor allem Mädchen für eine Wahl von Informatik zu motivieren. Schuster et. al. schreiben: „Die Ausbildungsinhalte und -ziele [...] der Ingenieurwissenschaften sprechen interdisziplinär, sozial und vielseitig interessierte Jugendliche nicht an. Traditionelle ingenieurwissenschaftliche (Hochschul-) Ausbildungen weisen zu wenig Bezüge zu anderen Disziplinen auf und erweisen sich daher als unattraktiv für Frauen.“[SW06]. Sie schreiben weiter: „Mädchen haben also kein prinzipielles Desinteresse an Naturwissenschaften und Technik. Vielmehr verlieren sie ihr Interesse im Laufe der Zeit, da [...] die in der Schule vermittelten Themen ihrem

Lebens- und Relevanzbereich nicht entsprechen.“ [...] „Bisher sind Stoffvermittlung und Inhalte des naturwissenschaftlichen Unterrichtes [...] eher an der Lebenswelt der Jungen orientiert [...]“ [SW06]. Mit dem sozialen Kontext Medizin wird versucht, einen solchen Relevanzbereich zu schaffen. Die geschlechtsspezifische Zusammensetzung des genannten Kurses im Wahlpflichtbereich im Verhältnis zu späteren Informatikkursen ohne Anwendungsfach zeigt Abbildung 1. Obwohl die geringen Zahlen: 28 (2007/08-2009/10) bzw. 25 (2009/10-2011/12) Schülerinnen und Schüler (SuS) keine generellen Aussagen zulassen, zeigt sich trotzdem die Tendenz, dass Mädchen durch das Anwendungsfach Medizin eher zur Wahl eines Informatikkurses motiviert werden konnten.

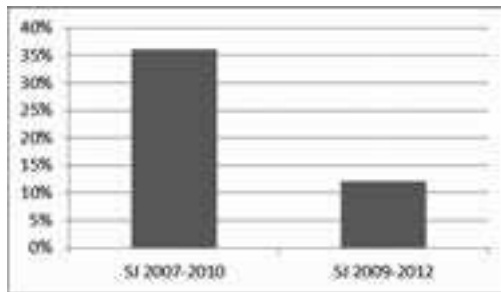


Abbildung 1: Anteil Mädchen im Informatikkurs Medizin-Informatik (SJ 2007/08-2009/10) und im Kurs Informatik ohne Anwendungsfach (SJ 2009/10-2011/12)

2 Die Stellung des Anwendungsbereichs Medizin

Informatik und Medizin können auf verschiedene Weisen miteinander kombiniert werden. Wir teilen die Möglichkeiten grob in drei Kategorien ein, die wir im Folgenden näher erläutern wollen und die alle drei ihren Platz im Unterricht finden sollten.

In der ersten Kategorie steht das Erlernen informatischer Inhalte im Vordergrund, die Medizin liefert lediglich die Umkleidung der Aufgabe. Beispiele: Die Modellierung der Funktionalität technischer Systeme mit endlichen Automaten / Moore-Maschinen kann ganz hervorragend am Beispiel des Blutdruckmessgeräts erfolgen. Lernen die SuS SQL, so kann der Lehrer geeignete Tabellen zur Verfügung stellen, so dass die SuS medizinischen Fragestellungen auf den Grund gehen können wie den folgenden: Sind Jungen im Durchschnitt bei der Geburt größer als Mädchen? Erkranken Raucher öfter an Lungenkrebs als Nichtraucher? Leiden Übergewichtige öfter unter Diabetes als Normalgewichtige? Ein Beispiel für hierarchische Strukturierungen oder Codierung ist das Diagnoseklassifikationssystem ICD10. Setzt man im Unterricht UML-Diagramme ein, um die Strukturen im Gesundheitswesen und alle am Gesundheitssystem Beteiligten zu identifizieren (vgl. [St12]), ist zwar eine Recherche / Interviews in diesem Bereich der medizinischen Administration und Organisation notwendig, um erfolgreich sein zu können. Auf der anderen Seite umkleidet der Kontext aber für die SuS im Grunde nur das eigentliche Ziel, UML zu lernen.

In der zweiten Kategorie liefert die Medizin Vorlagen für Entwicklungen der Informatik. Beide Aspekte, hier auch die Medizin, müssen vertieft werden. Beispiele: Ist das RGB-Modell Unterrichtsthema, kann zugleich die Physiologie des Auges thematisiert werden, die zur Auswahl dieses Farbmodells führt. Ist das Unterrichtsthema „der lernende Roboter“, kann der Pawlowsche Versuch und der Aufbau eines Neurons Thema sein und anschließend auf sehr einfache Weise z.B. mit NXT-Robotern umgesetzt werden: Mit Hilfe von zwei Variablenwerten werden korrelierte Messwerte zweier Sensoren (z.B. Geräuschsensor und Berührungssensor) gekoppelt. So kann das „angeborene“ Verhalten (Umdrehen bei Aufprall) auf den akustischen Reiz übertragen werden.

Die dritte Kategorie entspricht dem Motto „Informatik hilft!“. Der soziale Aspekt bildet hier den Ausgangspunkt einer Projektphase. Das Vorgehen und die Abgrenzung gegen die anderen beiden Kategorien soll zunächst an zwei Beispielen entwickelt werden, bevor eine Definition der Kategorie gegeben wird.

Beispiel 1: SuS der Sek 1 programmieren in scratch [sc13] eine Simulation des Blutzuckerkreislaufs. Die Objekte „Pizza/Essen“, „Muskel“, „Leber“ und „Fettzelle“ interagieren über Nachrichten miteinander. Der Blutzuckergehalt (ein Variablenwert) erhöht sich nach dem Essen („Pizza“ wird angeklickt). Liegt er über einem bestimmten Schwellenwert, wird Insulin (Nachricht „Insulinausschüttung“) ausgeschüttet, was dafür sorgt, dass Glukose in Leber und Muskelzellen gespeichert wird (Änderung der Variablenwerte). Dadurch sinkt der Blutzuckergehalt. Sind die Glukosespeicher von Leber und Muskeln gefüllt, kann auch in den Fettzellen Zucker in Fett umgewandelt werden und die Fettzellen vergrößern sich. Bei zu wenig Glukose im Blut durch Muskelbewegung („Muskel“ wird angeklickt) oder langen Essenspausen (Zeit), wird das Hormon Glukagon ausgeschüttet, das umgekehrt Glukose aus den Speichern von Leber und Muskeln ins Blut abgeben kann und den Blutzuckergehalt so erhöht. (vgl. [Fa88], [mi13]). Die „Bühne“ in scratch kontrolliert ständig die Veränderung des Blutzuckerhaltes, und bei zu hohem Zuckergehalt oder zu geringem Zuckergehalt werden die Objekte „Leber“, „Muskel“ und „Fettzelle“ informiert, die sich entsprechend der Physiologie verhalten. Soweit unterscheidet sich der Unterrichtsinhalt nicht von dem der ersten Kategorie. Die SuS implementieren eine Simulation in scratch und die Funktionalität des menschlichen Körpers liefert die Umkleidung der Aufgabe. Dem erwähnten Anspruch, den Kurs unter die Überschrift „Informatik hilft!“ zu stellen, wird so noch nicht Rechnung getragen. Wenn die Aufgabe aber lautet, den „zuckerkranken“ Patienten die tägliche schmerzhaft Insulinspritze zu ersparen, dann ist eine „soziale“ Basis gegeben, von der aus die SuS das System des Blutzuckerkreislaufs recherchieren, nachbilden und in ihr System eine automatische implantierte Insulinpumpe einbauen müssen, die die Insulinabgabe automatisch regelt und die schmerzhaft Spritze und Kontrolle des Zuckerspiegels ersetzt. Ausgehend von der unbefriedigenden Situation, der sich ein Diabetespatient ausgesetzt sieht (vielleicht gibt es jemanden in der Schulgemeinschaft), können die SuS durch die Anwendung informatischer Werkzeuge dem Patienten helfen.

Beispiel 2: Eine Tageszeitung [tz11] brachte kürzlich einen Bericht über Modellwohnungen mit elektronischen Sensor-Netzwerken für Senioren, ein Forschungsprojekt von Ärzten und Informatikern mit dem Ziel, dass ältere Menschen länger in den eigenen vier Wänden leben können. Wir gehen davon aus, dass die SuS in einer Unterrichtseinheit Algorithmik scratch kennengelernt haben. Jetzt werden sie mit dem Modellvorhaben konfrontieren und können ihre Kenntnisse der Algorithmik anwenden, um diesen Menschen das Leben sicherer und bequemer zu machen. Mit dem picoboard [pi13] in Kombination mit scratch können verschiedene Sensoren an den Rechner angeschlossen und die Sensorwerte im Programm verwendet werden (vgl. [MS11]). So können SuS z.B. akustische Signale und Texthinweise produzieren, wenn der Bewohner den Herd angeschaltet hat (Sensor „Schalter“), es Abend ist („Lichtsensor“ außen am Haus) und er zu Bett geht („Drucksensor“ im Bett). Viele andere Szenarien sind denkbar. Die SuS setzen ihre eigenen Ideen und Ziele mit zuvor erlernten informatischen Kenntnissen um. Die Ergebnisse der Aufgabe sind offen, vielfältig und von den eigenen Ideen der SuS geprägt. Sie sind in diesem Sinne kreativ (vgl. [Ro07]) und einer Binnendifferenzierung förderlich, da jede Idee erfolgreich, die Ideen aber unterschiedlich komplex sein können.

Zur Kategorie „Informatik hilft!“ gehören also Projekte, die das Ziel verfolgen, Menschen zu helfen. In einer *Projektphase* wenden die SuS zuvor erlernte informatische Strategien, Verfahrensweisen und Werkzeuge an. Die Problemstellung muss so offen sein, dass die SuS ihre eigenen Ideen kreativ umsetzen können. Der medizinische Kontext erfordert dabei zwingend eine Vertiefung in biologischen / medizinischen Kenntnissen, die integrativ behandelt werden können. Mit „Informatik hilft!“ ist also die Aufforderung gemeint: „Ihr SuS könnt mit euren Ideen Menschen helfen. Die Informatik liefert euch die Werkzeuge dazu. Strengt euren Kopf an!“ Dann ergibt sich auch der von Modrow [Mo10] zitierte „Sinnbezug“ der Informatik, und hier sieht die Autorin den Anreiz und Relevanzbereich für Mädchen.

Natürlich wird nicht in der gesamten Sekundarstufe 1 der Unterricht an diesen Inhalten ausgerichtet sein. Bei der Autorin ergab sich in der Praxis eine Verteilung wie Abbildung 2 zeigt.

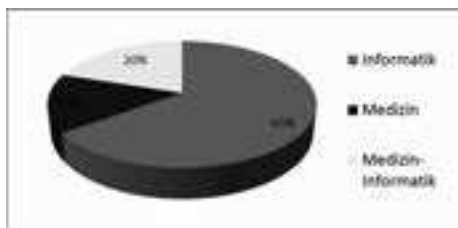


Abbildung 2: Verteilung der Inhalte Informatik, Medizin, Medizin-Informatik

Wir beschreiben im folgenden Kapitel drei „Informatik hilft!“-Projekte ausführlicher, die aus drei verschiedenen Inhaltsbereichen der Informatik der Sek 1 stammen.

3 Unterrichtsprojekte

3.1 Technische Informatik im Kontext „myoelektrische Armprothesen“

Informatische Voraussetzungen: logische Verknüpfungen, zusammengesetzte Schaltterme, Gatterdarstellung.

Medizinische Fragestellungen: Reizweiterleitung, Gegenspielerprinzip bei Muskeln.

Ziel: Für ein Unfallopfer soll eine Prothese so angefertigt werden, dass es seinen Beruf weiter ausüben kann.

Das Projekt selbst wird anhand einer konkreten Patientengeschichte entwickelt. Myoelektrische Armprothesen bilden einen medizinischen Kontext, der einerseits realitätsnah ist, andererseits zu sehr einfachen Lösungen, z.B. $x \rightarrow y$, führt. Damit brauchen wir in der Sek 1 nicht auf das Basteln mit digitaler Elektronik zu verzichten. Mit Hilfe des Arduino-Boards [ar13] und einer Software, welche die SuS *anwenden* und der Lehrer in unserem Fall zuvor in Processing [pr13] erstellt hat, stecken die SuS Schaltnetze für myoelektrische Armprothesen mit digitaler Elektronik (Abbildung 3). Die Funktionalität der Prothese ergibt sich dabei allein durch die gesteckten Schaltnetze.

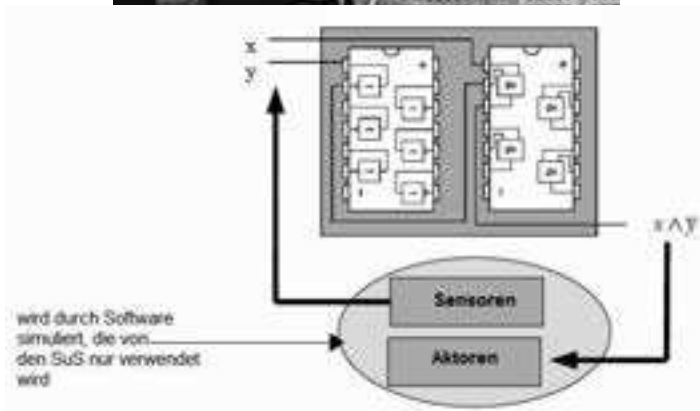
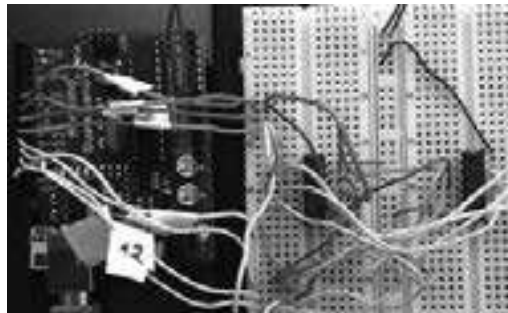


Abbildung 3: Schaltnetz für Armprothese

„Bei jeder Kontraktion des Muskels entsteht auf der Haut eine elektrische Spannung, die zum Steuern elektrisch angetriebener Prothesen genutzt wird.“ [ot13]. Individuell für jeden Patienten werden die elektrischen Signale, die noch willentlich erzeugt werden können, gemessen und in digitale Signale umgewandelt, die zur Steuerung der Motoren der Armprothese genutzt werden. Mit der verwendeten Software können die SuS mit der Maus vier Sensoren alternierend auf low oder high (Abbildung 4) setzen. Diese digitalen Signale werden via Arduino-Bord auf die Steckplatine übertragen. Hier können die SuS mit einfachen UND- und NICHT Bausteinen beispielsweise das Gegenspielerprinzip bei Muskeln stecken. Beispiel: zwei der Sensoren registrieren die elektrischen Signale von Bizeps und Trizeps. Erreicht den Bizeps ein elektrisches Signal, den Trizeps jedoch nicht, soll der Unterarm der Prothese gegen den Oberarm gebeugt werden. Die SuS verknüpfen also die beiden zugehörigen Sensorsignale mit einem Term der Form $x \square y$ und leiten das Ergebnis zum Arduino-Board und damit zur Software zurück. Liegt an einem bestimmten Pin des Boards nun ein high-Signal, wird der Ellenbogen um 1 Grad gegen den Oberarm gebeugt. Durch eine hohe Abtastrate der Boardeingänge wird eine fließende Bewegung der Prothese simuliert. Ist das Schaltnetz dann der Aufgabe entsprechen gesteckt und mittels Software getestet, muss es (gedanklich) in die Prothese verlagert werden. Dort wird es über eine Batterie mit Spannung versorgt, die Eingänge werden von Ärzten mit den Sensoren an den Muskeln, die die myoelektrischen Signale aufnehmen, verschaltet und die Ausgänge des Schaltnetzes steuern Motoren, so dass die gesteckte Logik der SuS nicht schon in die Testsoftware integriert werden kann (vgl. [St13]).



Abbildung 4: screenshot der Prothesen-Software

3.2 Informatik und Gesellschaft am Kontext elektronische Patientenakte (ePA)

Informatische Vorkenntnisse: unterschiedlich, z.B. Algorithmik, Kryptografie, Datenbanken, UML oder keine.

Medizinische Fragestellungen: Recherchen wie weiter unten beschrieben.

Ziel: Vorteile der ePA für Patienten ohne datenschutzrechtliche Nachteile nutzbar machen.

Die ePA ist eine digitale Sammlung aller behandlungsrelevanten Daten eines Patienten und enthält Dokumente wie Arztbriefe, Befunde, Diagnosen, Therapien und medizinische Bilddateien (z.B. Röntgenbilder). Damit soll in erster Linie die Kommunikation aller an der Gesundheitsversorgung Beteiligten verbessert werden, was dem Patienten z.B. Doppeluntersuchungen erspart oder Wechselwirkungen von Medikamenten, die bei verschiedenen Institutionen verschrieben wurden, verhindert. Im Notfall kann z.B. das Vorhandensein von Allergien einrichtungsübergreifend erkannt werden. Neben der Verbesserung der Kommunikation gilt die Kostensenkung als wichtiger Vorteil. Kritiker dagegen befürchten, dass die gesammelten Daten für andere Zwecke verfügbar gemacht werden. Die ePA wird aktuell diskutiert und betrifft früher oder später jeden Schüler. Fachleute wie z.B. Ärzte für Interviews lassen sich leicht in der Elternschaft finden.

Lässt man die Schülerinnen und Schüler zunächst im Internet recherchieren, um eine Definition der ePA zu finden, Vor- und Nachteile, Voraussetzungen und Risiken herauszuarbeiten und später in einer Art Talkshow (vgl. [Pe99]) über Sinn und Zweck der ePA zu diskutieren, ist immer wieder zu beobachten, dass sich die Diskussion auf Initiative einiger SuS in eine datenschutzrelevante Richtung verschiebt. Es ergeben sich oft schon von allein Fragestellungen wie folgt: Der Patient muss bestimmen dürfen, welche Daten er anderen Teilnehmern im Gesundheitssystem zur Verfügung stellen möchte, denn ein Zahnarzt muss nicht unbedingt die Diagnosen des Hautarztes kennen, höchstens die aktuelle Medikation (Stichpunkt: informationelle Gewaltenteilung). Was aber ist bei Bewusstlosigkeit? Hier wäre es von Vorteil, wenn ein Notarzt sich über Allergien informieren könnte auch ohne Zustimmung des Patienten (Stichpunkt: Recht auf informationelle Selbstbestimmung). Eine Apotheke darf Informationen über aktuelle Krankheiten nicht für Werbezwecke verwenden (Stichpunkt: Zweckentfremdungsverbot).

Diese Diskussion muss Konsequenzen haben. Die SuS sollen ihre informatischen Kenntnisse einsetzen, um die Vorteile der ePA für den Patienten teilweise so umzusetzen, dass datenschutzrechtlich keine Bedenken bestehen. Dieses kann auf verschiedene Weisen in Abhängigkeit von den Vorkenntnissen oder den Ideen der SuS geschehen. Beispiel: Die SuS könnten in einer weiteren Modellierungsphase, eventuell verbunden mit Interviews mit Ärzten, genauer eruieren, welche Daten im System ePA vorliegen. Ein Schülerergebnis dazu zeigt Abbildung 5. Die SuS könnten aber genauso gut in der Sprache BYOB [by13] die Möglichkeit der Verbindung zweier Programmierumgebungen auf zwei verschiedenen Rechnern nutzen (vgl. „mesh“-

Funktion) und sich um eine geschützte Datenübertragung mit Hilfe einfacher Prinzipien der Kryptografie bemühen. (Für Verschlüsselungen, die auf der Verschiebung des ascii-Zeichensatzes beruhen, bietet BYOB vorgegebene Funktionen). Haben die SuS bereits Erfahrungen mit SQL, könnten sie sich auch damit beschäftigen, wie die einzelnen Tabellen zu strukturieren sind, damit der Zahnarzt eben nicht die Diagnosen des Hautarztes sieht und der „informationellen Gewaltenteilung“ Rechnung getragen werden kann. Die Tabellen könnten auch so organisiert werden, dass behandlungsrelevante Daten anonymisiert verwaltet werden, damit sie auch der medizinischen Forschung zur Verfügung gestellt werden können.

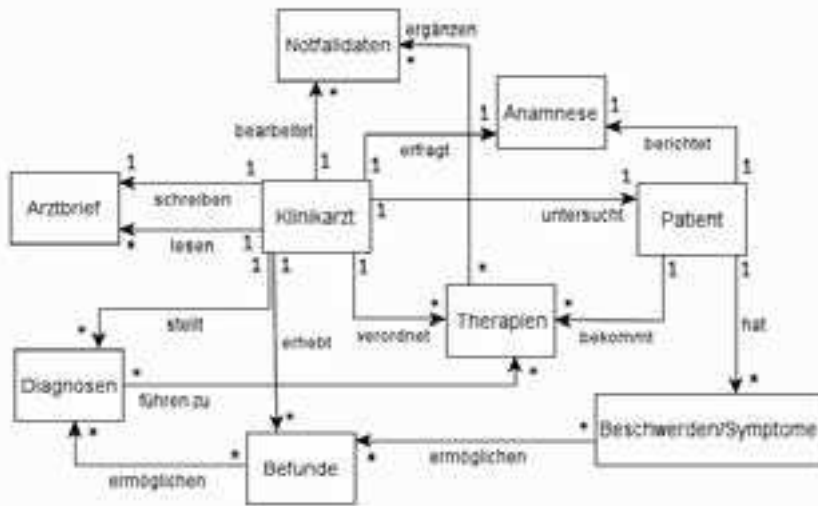


Abbildung 5 : Schülerergebnis Fachklassendiagramm Behandlung eines Patienten

3.3 Algorithmik im Kontext Bildbearbeitung / Biosignalverarbeitung

Informatische Vorkenntnisse: Algorithmik / scratch

Medizinische Fragestellungen: Einsatz, prinzipielle Funktionsweise und Unterschiede bildgebender Verfahren.

Ziel: Diagnoseunterstützung des Arztes.

Zunächst werden die bildgebenden Verfahren Ultraschall und Röntgenaufnahmen näher betrachtet. Beide Verfahrensprinzipien können von SuS der Sek 1 verstanden werden, es finden sich didaktisch aufbereitete Materialien dazu auch im Netz, siehe z.B. [wr13]. Neben eigenen Erfahrungen kennen die SuS das Röntgen meist auch im Zusammenhang mit Archäologie, Ultraschall oft aus der Biologie als Orientierungsprinzip von z.B. Fledermäusen. Folgende Projekte werden den „Informatik hilft!“-Kriterien gerecht:

Beispiel 1: In der Schwangerschaft werden Ultraschallaufnahmen des Embryos gemacht. Eine wichtige Untersuchung ist hierbei das Ausmessen der Größe des Embryos. Der Arzt markiert auf dem Ultraschallbild Kopfende und Rumpfende und die Software

berechnet automatisch den Abstand zwischen diesen Punkten. (Im Netz finden sich Filme dieser Untersuchungsmethode). Ein Ultraschallbild für die Bühne findet sich ebenfalls im Netz [wi13].

Lässt man die SuS dieses medizin-technische Gerät rekonstruieren, so ergeben sich die vielfältigsten Lösungsansätze. Man kann ein Objekt „Lineal“ erzeugen, mit den Pfeiltasten steuern und drehen und so die Größe ablesen. Man kann Markierungsobjekte zum Kopf- und Rumpffende mittels Maus oder Pfeiltasten bewegen und dort „Abdrücke hinterlassen“. Anschließend kann man mit scratch-Befehlen oder dem „Satz des Pythagoras“ den Abstand berechnen.

Beispiel 2: Röntgenaufnahmen sollte man sich als „Bühnenhintergrund“ am besten selbst zeichnen, wie Abbildung 6 (1) zeigt. Dann kann ein Programm geschrieben werden, das z.B. automatisch eine Bruchstelle identifiziert.



Abbildung 6 : scratch-Bühnen bei automatischer Röntgenbildauswertung (1), EKG-Auswertung (2) und Embryovermessung (3)

Hier gibt es ebenfalls vielfältige Lösungsansätze, was dem Kreativitätskriterium entspricht. Ein Schülerergebnis soll hier herausgestellt werden, weil es auch bei einer automatischen Auswertung von EKG-Signalen zur Identifikation eines drohenden Herzinfarktes o.ä. helfen kann. Die Schüler haben ein Objekt gebastelt, das umgeben ist von verschiedenfarbigen Punkten. Scratch liefert Befehle, mit denen man abfragen kann, ob eine bestimmte Farbe eine andere Farbe berührt. So kann sich das Objekt im Inneren des Knochens oder auch auf einer EKG-Linie bewegen. Die x- und y-Positionen der EKG-Kurve können beispielsweise abgefragt und so z.B. der Abstand zwischen Minimum und Maximum ermittelt werden. Auf ähnliche Weise kann mit dem Objekt eine schwarze Bruchstelle im weißen Knochen gefunden werden.

4 Fazit

Die Beispiele und deren Fülle sollen belegen, dass eine Kombination von Informatik und Medizin im gesamten Unterrichtszeitraum und quer durch alle informatischen Inhaltsbereiche der Sek 1 möglich ist und Raum für produktorientierten, kreativen und projektbetonten Unterricht unter dem Schlagwort: „Informatik hilft!“ bietet. Die notwendigen medizinischen Vorkenntnisse sind auch für Informatiklehrer ohne

biologische oder medizinische Ausbildung schnell zu erwerben. Nach Erfahrungen der Autorin sind Anzeichen zu erkennen, dass diese Form von Unterricht besonders Mädchen motiviert, Informatik in dieser Kombination zu wählen.

Literaturverzeichnis

- [ar13] URL: <http://www.arduino.cc/>, Zugriff: 31.1.2013
- [by13] URL: <http://byob.berkeley.edu/>, Zugriff: 31.1.2013
- [DKW11] Ira Diethelm, Jochen Koubek, Helmut Witten: Inik – Informatik im Kontext, Entwicklungen, Merkmale und Perspektiven, Zeitschrift LOG IN, Heft 168/170, 2011
- [Fa88] Adolf Faller: „Der Körper des Menschen“, Thieme-Verlag, 1988
- [LM02] Thomas Lehmann, Erdmutha Meyer zu Bexten: „Handbuch der Medizinischen Informatik“, Hanser-Verlag, 2002
- [mi13] URL: <http://www.miomedi.de/gesundheit/krankheiten/diabetes/regulation-blutzucker/regulation-blutzucker.html>, Zugriff: 31.1.2013
- [Mo10] Eckart Modrow: „Informatik als technisches Fach“, Zeitschrift LOG IN, Heft 163/164, 2010
- [MS11] Eckart Modrow, Kerstin Strecker: „PuMa II“, Zeitschrift LOG IN, Heft Nr. 169/170, LOG IN-Verlag, 2011
- [ot13] URL: http://www.ottobock.de/cps/rde/xchg/ob_de_de/hs.xsl/5057.html, Zugriff: 31.1.2013
- [Pe99] Wilhelm H. Peterßen: Kleines Methoden-Lexikon, Oldenbourg Verlag, 1999
- [pi13] URL: <http://www.picocrocket.com/picoboard.html>, Zugriff: 31.1.2013
- [pr13] URL: <http://processing.org/>, Zugriff: 31.1.2013
- [Ro07] Ralf Romeike: „Kriterien kreativen Informatikunterrichts“, INFOS2007, GI-Lecture Notes in Informatics, 2007
- [St12] Kerstin Strecker: „Systemanalyse mit UML am Beispiel der Modellierung elektronischer Patientenakten“, in Marco Thomas, Michael Weigend (Hrsg.): „Ideen und Modelle, 5. Münsteraner Workshop zur Schulinformatik“, Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2012
- [St13] Kerstin Strecker: „Myoelektrische Armprothesen und digitale Elektronik“, angenommen von der Zeitschrift LOG IN, voraussichtlich: Heft 174, 2013
- [SW06] Martina Schuster, Almut Sülzle, Gabriele Winker, Andrea Wolfram: „Neue Wege in Technik und Naturwissenschaften– Zum Berufswahlverhalten von Mädchen und jungen Frauen“, Baden-Württemberg / Wirtschaftsministerium, 2006, URN: urn:nbn:de:gbv:830-opus-1375, URL: <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2006/137/>
- [tz11] Hessisch-Niedersächsische Allgemeine vom 1.8.2011
- [wi13] URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medecine_Echographie.jpg, Zugriff: 31.1.2013
- [wr13] URL: <http://www.werkstatt-roentgen.de/>, Zugriff: 31.1.2013