

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



Die Gelbe Kurbel

Der Einsatz von Computern zur Förderung von Bildung in
Entwicklungsländern

DIPLOMARBEIT

zum Erwerb des akademischen Grades Diplom-Informatiker
vorgelegt von
Stefan Alexander Klumpp

Gutachter:
Prof. Wolfgang Coy
Prof. Claus Pias

Informatik in Bildung und Gesellschaft
Institut für Informatik
Humboldt-Universität zu Berlin
15. Januar 2009

Inhaltsverzeichnis

Abstract	4
1 Einleitung	5
2 Digital Divide – Educational Divide	8
2.1 Begriffsklärung	8
2.2 Phänomenologische Betrachtungen	9
2.3 Chancen und Risiken von IuK-Techniken	11
2.3.1 Umweltbelastung durch technische Geräte	11
2.3.2 Netzwerke gegen die Korruption	13
2.4 Technik, Bildung und Visionen	14
2.4.1 Dynabook	14
2.4.2 Das One Laptop Per Child-Projekt	16
3 Infrastruktur und Technik	18
3.1 Zugang zu IuK-Technik in ländlichen Gebieten	18
3.1.1 DakNet: Asynchrones Internet mit hoher Bandbreite	19
3.1.2 eGovernment in ländlichen Gebieten	20
3.2 Netzwerke	21
3.2.1 Peer-to-Peer-Systeme	21
3.2.2 Mobile Ad-Hoc-Netzwerke	22
3.2.3 IEEE 802.11s	24
3.3 Die XO-Geräte des OLPC-Projektes	24
3.3.1 Allgemeine Daten	25
3.3.2 Software	26
3.3.3 Mesh-Netzwerke und Kollaboration	28
3.3.4 XO-Geräte als eBook und Physiklabor	28
4 Der Einsatz von Computern in der Bildung	30
4.1 Wie Kinder Lernen	30
4.1.1 Intuitive Weltbilder und wissenschaftliche Modelle	30
4.1.2 Gedankenexperimente und Visualisierungen	32
4.1.3 Fehlersuche als Lernvorgang	33
4.1.4 Imitation und Kollaboration	34
4.2 Konstruktivismus	35
4.2.1 Konstruktionismus	36
4.2.2 ...im Innersten zusammenhält	38

4.2.3	Squeak Etoys	41
4.3	Kritik am Einsatz von Computern in der Bildung	42
4.4	Lehrende Kinder an lernenden Computern	45
5	Fallstudien und Evaluationen	48
5.1	Das CEIBAL Projekt	48
5.2	Teaching Matters	50
6	Zusammenfassung	52
	Abbildungsverzeichnis	54
	Literaturverzeichnis	55

Abstract

The so-called *Digital Divide* isn't as digital as the concept may suggest. Essentially, it's an analogue divide arising from the lack of an infrastructure of power grids, network cables and the like. Today Nicholas Negroponte's vision of "One Laptop Per Child" is turning into reality: more and more companies are literally alarmed of having neglected a whole market, namely the educational sector in non-OECD-countries. But is it really possible to bridge this gap with a small device? And can a piece of technology help to solve important problems of this planet like poverty, hunger, access to safe water, and infectious diseases such as HIV/AIDS? For Negroponte these questions are beside the point, as the OLPC project is not a technical, but an educational project.

Based on the assumption that education is a necessary precondition to solve these problems, I will argue in this diploma thesis that the OLPC project has the potential to improve the quality of life of children in developing countries substantially. However, critics warn that the early exposure of children to computers might just promote computer literacy and not necessarily result in a better education. There is also a risk of filling up the dumps with e-waste. What is the impact—if any—of computer devices in classrooms?

In my diploma thesis, I will show that the XO-device of the One Laptop Per Child project can be understood as a tool for Seymour Papert's and Alan Kay's Constructionism. Constructionism is a method to teach methodological thinking and using computers can help to achieve this aim. I will develop this argument by first analysing the existing infrastructure in developing countries in order to identify the potential role and requirements of the XO devices. Subsequently I will focus on the application possibility of computers in education with reference to Seymour Papert's Constructionism. Lastly, I will rebut criticism of the OLPC project by taking a closer look at several case studies and evaluations.

1 Einleitung

Unerhört sind die *Millennium Development Goals* der Vereinten Nationen. Wir stehen am Anfang der zweiten Hälfte der Fünfzehnjahresperiode, nach deren Ablauf unglaubliche Ziele erreicht werden sollen, geht es nach dem Willen der an diesem Prozess beteiligten Nationen. Kofi Annan erinnerte im Vorwort des *Millennium Development Goals Report* (MDG Report) von 2005 daran, dass sich in der Geschichte der Menschheit führende Nationen bislang noch keine solch hehren Ziele gesetzt hätten, die Frieden, Sicherheit, Entwicklung, Menschenrechte und vor allem die Freiheit aller Menschen garantieren sollen.¹

Unerhört sind die *Millennium Development Goals* der Vereinten Nationen. Verdrängt von anderen Themen wie „Der Kampf Gegen Den Terrorismus“, „Die Klimaerwärmung“ oder „Die Bankenkrise“ verhallen die hehren Ziele ungehört im Niemandsland zwischen Verzweiflung und Ignoranz. Ban Ki Moon mahnte im MDG Report von 2007, dass die *Millennium Development Goals* noch immer erreichbar seien, wenn wir jetzt handeln würden.²

Endgültig frustriert und ohne einen Hehl aus seiner Enttäuschung zu machen, schreibt Ban allerdings ein Jahr später im aktuellen MDG Report von 2008:

We have wasted opportunities and face additional challenges, making the task ahead more difficult. It is now our responsibility to make up lost ground – and to put all countries, together, firmly on track towards a more prosperous, sustainable and equitable world.³

Nicht nur, dass bestehende Chancen nicht genutzt worden sind, im Gegenteil, durch zahlreiche Faktoren hat sich die Situation in vielen Ländern der Erde extrem verschlechtert. Der hohe Ölpreis wirkt sich direkt auf die Kosten von Düngemitteln aus, Futtermais verdrängt in vielen Regionen der Welt den Anbau von Reis, einem Grundnahrungsmittel für einen großen Teil der Menschheit. Die subventionierte Milch aus Europa ist in Afrika günstiger erhältlich als afrikanische Milch, die in der Folge nicht mehr produziert wird. Es ist besorgniserregend, dass gerade in ärmeren Gegenden der Erde immer weniger Grundnahrungsmittel angebaut oder produziert werden und daher importiert werden müssen. Dies ist moralisch gar nicht überzubewerten, es steht im Moment nichts weniger auf dem Spiel als die Permanenz echten menschlichen Lebens auf der Welt überhaupt.⁴ Damit

¹ UNITED NATIONS: The Millennium Development Goals Report 2005; New York, 2005a.

² UNITED NATIONS: The Millennium Development Goals Report 2007; New York, 2007.

³ UNITED NATIONS: The Millennium Development Goals Report 2008; New York, 2008.

⁴ Diesen Begriff prägte Hans Jonas mit seiner Umformulierung des Kategorischen Imperativs Kants in JONAS, Hans: Das Prinzip Verantwortung; Frankfurt am Main: Suhrkamp Taschenbuch Verlag, 1984, S. 36: „Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden“.

soll der Blick nicht nur auf ein Dass-Sein, sondern auch auf ein So-Sein der menschlichen Existenz gelenkt werden. Menschen, die keinen Zugang zu Trinkwasser besitzen oder in sklavenähnlichen Zuständen ausgebeutet werden, Menschen, die keinerlei medizinische Versorgung in Anspruch nehmen können, weil sie in extremer Armut leben; kurz, Menschen, die *menschenunwürdig* leben, zeigen auf den Teil der Welt, der die Macht hat, diese Zustände zu ändern. Durch diese Macht steht er in der *Pflicht*, Verantwortung für den anderen Teil der Menschheit zu übernehmen.

Bis 2015 sollen folgende acht Millenniumsziele erreicht werden:

- Ziel 1:** Bekämpfung von extremer Armut und Hunger
- Ziel 2:** Primärschulbildung für alle ermöglichen
- Ziel 3:** Gleichstellung der Geschlechter und Stärkung der Rolle der Frauen
- Ziel 4:** Senkung der Kindersterblichkeit
- Ziel 5:** Verbesserung der Gesundheitsversorgung der Mütter
- Ziel 6:** Bekämpfung von HIV/AIDS, Malaria und anderen schweren Krankheiten
- Ziel 7:** Ökologisch nachhaltig wirtschaften
- Ziel 8:** Aufbau einer globalen Partnerschaft für Entwicklung.⁵

Diese Liste stellt keine wie auch immer geartete Form von Hierarchie dar, sie spiegelt lediglich acht Sichtweisen auf dasselbe Problem wider, das meines Erachtens die unzureichende Bildung in großen Teilen der Welt ist. In dieser Arbeit werde ich mich daher auf die Dimension der Bildung und Aufklärung beschränken; im Speziellen werde ich auf ein vielversprechendes Projekt eingehen, das mit einem aufsehenerregenden technischen Gerät globale Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Die Rede ist vom Bildungsprojekt *One Laptop Per Child* (OLPC), das auf dem zweiten Weltgipfel zur Informationsgesellschaft im November 2005 in Tunis den sogenannten 100-Dollar-Laptop namens XO vorgestellt hat. Dieser Laptop soll von Regierungen in großer Stückzahl erworben und in den entsprechenden Ländern allen Schülern kostenfrei zur Verfügung gestellt werden. Das Gerät ist technisch und ideologisch sehr stark von Alan Kays Dynabook geprägt. Beide Geräte, XO und Dynabook, sind für Kinder im Grundschulalter zur Unterstützung des Lernens konzipiert worden, wobei ein neuer Lernansatz verfolgt werden soll, den Seymour Papert Konstruktionismus nennt.

Im Kontext einer technisierten und technologisierten Welt bedeutet Zugang zur Bildung auch Zugang zu digitalen Informationen. Das Internet und neue technische Medien im Allgemeinen können einen wesentlichen Beitrag zur besseren (Aus-)Bildung von Fertigkeiten und Denkvermögen (griechisch: *téchne*) leisten, weshalb die sogenannte Digitale Spaltung auch den Bildungssektor betrifft.

Der unkritische Umgang mit neuen Medien kann aber auch einen Verlust für die Kunst des Denkens im Allgemeinen darstellen, wie viele Pädagogen beklagen. Die New York Times berichtete im Mai 2007 über ein gescheitertes Bildungsprojekt, in dem untersucht worden ist, ob Computer und Internet zur Förderung von Bildung eingesetzt werden sollten. Die Zeitung zitiert einen Lehrer mit den Worten:

⁵ UNITED NATIONS: United Nations Millennium Development Goals; 2008 (URL: <http://www.un.org/millenniumgoals/>), Konsultation: 20. November 2008.

The art of thinking is being lost. Because people can type in a word and find a source and think that's the be all end all.⁶

Der geschulte Umgang mit neuen Medien nennt sich *computer literacy*, was im Deutschen meist mit Medienkompetenz übersetzt wird. Der moderne Mensch muss nicht nur in der Lage sein, lesen und schreiben zu können, er muss darüber hinaus das Gelesene in einen bestimmten Kontext setzen, also unter anderem die Verlässlichkeit der Quelle beurteilen können. In der vorliegenden Arbeit soll es aber ausdrücklich nicht um die Förderung von *computer literacy* als Teilmenge der vernunftbasierten Urteilkraft, sondern vielmehr um die Förderung des symbolischen Denkens durch den Einsatz von Computern gehen.

Beginnen möchte ich diese Arbeit mit phänomenologischen Betrachtungen zur Digitalen Spaltung. Im selben Kapitel 2 werden auch Visionen und Initiativen vorgestellt, die diese Spaltung aufheben wollen. Das Kapitel 3 beleuchtet die technische Infrastruktur in Entwicklungsländern exemplarisch anhand einer indischen Region. Es wird analysiert, was es für ländliche Gebiete bedeutet, Zugang zum Internet zu besitzen und welche technischen Lösungen eingesetzt werden. Schließlich wird die Fähigkeit der XO-Laptops, autarke Netzwerke zu bilden, beleuchtet. Der Einsatz von Computern zur Förderung von Bildung im Allgemeinen sowie die konstruktivistische Lerntheorie Seymour Paperts im Speziellen sind Gegenstand des Kapitels 4. Abschließend werden in Kapitel 5 zwei Fallstudien betrachtet, die den Einsatz von XO-Laptops in Schulen evaluiert haben.

⁶ HU, Winnie: Seeing No Progress, Some Schools Drop Laptops; (URL: <http://www.nytimes.com/2007/05/04/education/04laptop.html?pagewanted=print>), Konsultation 24. September 2008.

2 Digital Divide – Educational Divide

2.1 Begriffsklärung

Unter dem Begriff *Digital Divide* wird das Phänomen verstanden, dass in einigen Kulturen und Ländern neue Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) immer stärker genutzt werden können und auch genutzt werden, während es Menschen aus anderen Kulturen und Ländern gibt, die keine Möglichkeit besitzen, solche Techniken in Anspruch zu nehmen. Die Ursachen für die Digitale Spaltung sind vielfältig, sicher spielt die Armut dieser Menschen eine wichtige Rolle, aber auch deren Bildungsgrad, der Anteil an Illiteraten in der Bevölkerung und natürlich die technische Infrastruktur der jeweiligen Länder. Der Begriff der Digitalen Spaltung tauchte mit dem ersten digitalen Kommunikationsmedium um 1871 in den Statistiken der Internationalen Fernmeldeunion auf und beschrieb die ungleiche Vernetzung der verschiedenen Länder durch Telegrafienlinien der Western Union seit 1849.¹

Die Digitale Spaltung wird im Allgemeinen auch als ein moralisches Problem betrachtet. Der mit Hilfe von digitalen Medien kommunizierende Mensch besitzt mehr Möglichkeiten, sich über die Welt und seinen Platz in ihr zu informieren. Immanuel Kant gab in der Berlinischen Monatsschrift die Parole *sapere aude!* aus und verpflichtete den aufgeklärten Weltbürger, anderen Mitbürgern die Möglichkeit einzuräumen, sich aus der (nicht immer selbstverschuldeten) Unmündigkeit zu befreien.²

Die öffentliche Meinung war im 20. Jahrhundert geprägt von den Massenmedien Rundfunk, Zeitung und natürlich dem Fernsehen. Niklas Luhmann formulierte prägnant:

Was wir über unsere Gesellschaft, ja über die Welt, in der wir leben, wissen, wissen wir durch die Massenmedien. [...] Andererseits wissen wir so viel über die Massenmedien, daß wir diesen Quellen nicht trauen können.³

Als Gegenöffentlichkeit formierten sich um die Jahrtausendwende unabhängige Journalisten und Medienaktivisten zu einem alternativen, unabhängigen Medienzentrum namens Indymedia, das allen erlauben sollte, Nachrichten zu veröffentlichen, die nicht erst

¹ INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION: World Information Society Report 2007; Genf: United Nations Conference on Trade and Development, 2007 (URL: http://www.itu.int/osg/spu/publications/worldinformationsociety/2007/WISR07_full-free.pdf), S. 23.

² KANT, Immanuel: Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung; Berlin: Akademie Ausgabe Band VIII, 1912, S. 35: „sapere aude! habe Muth dich deines eigenen Verstandes zu bedienen! Ist also der Wahlspruch der Aufklärung“.

³ LUHMANN, Niklas: Die Realität der Massenmedien; 3. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2004, S. 9.

von einer Redaktion abgesegnet werden müssen.⁴ Der politisch interessierte Bürger kann seit einigen Jahren darüber hinaus einen direkten Weg beschreiten. Inzwischen ist es mit Hilfe leicht zu bedienender Software auch für technische Laien möglich, Webseiten zu erstellen und eigene Inhalte zu veröffentlichen. Darüber hinaus sind die Preise für eine Homepage mittlerweile so gering, dass 2007 bereits über 19% der Deutschen eine eigene Internetpräsenz mit persönlichen Inhalten besaßen.⁵ Auch wenn Zyniker dies als Plage betrachten, ist allein die Möglichkeit, abweichende Meinungen publizieren zu können, ein Segen für den Keim der Aufklärung. Vielleicht kann der Wahlspruch der Aufklärung in der heutigen Zeit eher lauten „*vernetzt euch!*“, habet Muth euch eures eigenen Hypertextes zu bedienen“. Doch nicht alle Weltbürger besitzen die Möglichkeit dazu, weil ihnen weder Internet noch Computer, geschweige denn Strom zur Verfügung stehen.

2.2 Phänomenologische Betrachtungen

Die Probleme, die in den Millenniumzielen angesprochen werden, hängen eng miteinander zusammen, wie bereits in der Einleitung betont wurde und ihre Beseitigung ist dementsprechend komplex. Die Verlegung von Kommunikationsleitungen ist nicht nur sehr teuer, die Kupferkabel sind darüber hinaus sehr wertvoll. Menschen, die von einem Einkommen weit unterhalb des international anerkannten Existenzminimums leben müssen, erschließt sich das Potential von IuK-Techniken erst durch Aufklärung und Bildung.

Der Grad der Bildung bestimmt beispielsweise auch, wie abergläubisch ein Volk ist. So berichten AIDS-Aktivistinnen aus Gambia, dass sie nicht nur gegen den Krankheitserreger, sondern auch gegen Vorurteile und mystische Rituale kämpfen müssen. Der Präsident Gambias verkündete vor zwei Jahren im Wahlkampf, er persönlich könne AIDS heilen – und versucht dies inzwischen durch Absetzung der antiretroviralen Medikamente und Verabreichung von Kräutertränken und Massagen.⁶

Aufklärung und Grundbildung sind die stärksten Waffen gegen Entwicklungshemmnisse. Der uneingeschränkte Zugang zu Bildung kann jedoch erst erfolgen, wenn Eltern von Kindern im Schulalter die Notwendigkeit dazu erkennen und wenn sie ihre Kinder nicht als potentielle Arbeitskräfte betrachten („warum willst du in die Schule, du hast doch zwei gesunde Hände“). Damit soll nicht die Stellung der Arbeit und der Arbeiter herabgesetzt werden, die MDG der Vereinten Nationen fordern schließlich keine lebenslange Bildung, auch wenn dies wünschenswert wäre, sondern den Zugang zu einer Grundbildung (*primary education*). Kinder haben ein Recht auf Bildung, genau wie alle Menschen ein Recht auf Freiheit und Aufklärung besitzen. Dieses Recht wird ihnen nicht zugestanden, weil unmündige Menschen einfacher von denen zu lenken sind, die sie unmündig halten wollen. Kant schrieb treffend:

⁴ INDYMEDIA DEUTSCHLAND: Was ist Indymedia? / Grundsätze; (URL: <http://de.indymedia.org/static/ms.shtml>), Konsultation: 8. Oktober 2008.

⁵ BITKOM: Jeder Fünfte hat eine private Internet-Präsenz; (URL: http://bitkom.de/de/presse/30739_47500.aspx), Konsultation: 25. September 2008.

⁶ EHLERT, Stefan: Gambias Präsident gibt sich als Wunderheiler; (URL: <http://www.tagesschau.de/ausland/gambia100.html>), Konsultation 22. September 2008.

Daß der bei weitem größte Theil der Menschen (darunter das ganze schöne Geschlecht) den Schritt zur Mündigkeit, außer dem da er beschwerlich ist, auch für sehr gefährlich halte: dafür sorgen schon jene Vormünder, die die Oberaufsicht über sie gütigst auf sich genommen haben.⁷

Dieses Zitat soll die Richtung vorgeben, in der die Antwort auf ignorante Fragen, wie „Wozu benötigt ein Landarbeiter eines Entwicklungslandes Internet?“, zu finden ist. Man kann einem solchen Arbeiter nicht vorschreiben, wie – und ob überhaupt – er das Internet nutzen soll, die weiter entwickelten Länder als Vormünder und ehemalige Kolonialmächte besitzen im Gegenteil die Pflicht, dem Landarbeiter die *Möglichkeit* zu geben, selbst herauszufinden, wie und ob er das Internet nutzen möchte, nur so ist der Mensch wirklich frei in seiner Entscheidung. Der Aspekt der Freiheit kann nicht überbetont werden und findet sich im Selbstverständnis vieler Rechtsstaaten wieder, genau wie die Gleichberechtigung von Mann und Frau.

Die Gefahr des Missbrauchs von IuK-Techniken ist allgegenwärtig, doch auch der gewollte Einsatz dieser Techniken stellt in der Tat einen tiefen Einschnitt in die kulturelle Entwicklung dar. IuK-Technik ist der Namenspathe für die postindustrielle Informationsgesellschaft. Folgt man der bekannten Einteilung der Volkswirtschaft durch Fourastié in die drei Sektoren Produktionsgewinnung (Primärer Sektor), Produktionsverarbeitung (Sekundärer Sektor) und Dienstleistung (Tertiärer Sektor), ist zu beobachten, dass in Ländern mit einem niedrigen Pro-Kopf-Einkommen der größte Teil der Beschäftigten im Primären Sektor, also in der Landwirtschaft beispielsweise, zu finden ist. Im Zuge der Industrialisierung eines Landes werden die maschinelle Produktion von Wirtschaftsgütern, die maschinelle Förderung der Rohstoffe und damit der Sekundäre Sektor immer wichtiger. In der so genannten Informationsgesellschaft schließlich sind über zwei Drittel der Beschäftigten im Tertiären Sektor tätig, was ohne den Einsatz von IuK-Techniken undenkbar wäre.

Diese Entwicklung konnte in allen europäischen Staaten beobachtet werden und in allen Fällen wird sie als Fortschritt bezeichnet, wobei offen bleibt, ob es sich um einen kulturellen oder um einen technischen Fortschritt handelt. Die Sorge wohlhabender Länder, dass der Einsatz von IuK-Technik einen negativen Einfluss auf die relativ ursprüngliche Kultur verschiedener Entwicklungsländer haben könnte, klingt vor diesem Hintergrund eher nach dem Wunsch einer Konservierung bestehender Ungerechtigkeiten in der Welt als nach echter Sorge. Auf dem ersten Weltgipfel zur Informationsgesellschaft (*world summit on the information society*, WSIS) 2003 in Genf stellten die Teilnehmer stellvertretend für alle Menschen dieser Welt eine aus 67 Punkten bestehende Deklaration unter dem Titel „Building the Information Society: a global challenge in the new Millennium“ zusammen. Darin heißt es, dass die Nutzung und Entwicklung von IuK-Techniken Vorteile für jeden Aspekt unseres täglichen Lebens schaffen sollten.⁸ Die Einsatzmöglichkeiten von IuK-Techniken reichen von medizinischer Grundversorgung bis zur Verbesserung der

⁷ KANT (1912): Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung, S. 35.

⁸ WORLD SUMMIT ON THE INFORMATION SOCIETY: Geneva Declaration of Principles; 2003 (URL: <http://www.itu.int/wsis/docs/geneva/official/dop.html>), Punkt 51, Konsultation: 8. Oktober 2008.

Ernte in der Landwirtschaft, vom Zugang zur Bildung und Ausbildung bis zur Vorbereitung auf Naturkatastrophen, vom Umweltschutz zur Beseitigung von Armut. Kurz, IuK-Techniken besitzen die Möglichkeit, die Entwicklungsziele der Vereinten Nationen entscheidend zu unterstützen. Die Betonung liegt auf dem Potential von IuK-Techniken und nicht auf deren faktischer Nutzung. Technische Erfindungen, wie der Buchdruck oder die Schrift, können Aufklärung und Bildung fördern, etwa, indem sie eine lesende und schreibende Öffentlichkeit schaffen. Solche Kulturtechniken erlauben es einer Gesellschaft, natürlich gesetzte Grenzen zu überwinden. Ihre Funktion als kulturelles Gedächtnis erfüllen sie durch Speicherung und Vermittlung des kulturellen Erbes in Form von Chroniken und Legenden. Der Buchdruck erleichtert die Weitergabe dieses kulturellen Erbes über Generationengrenzen hinweg, für Kommunikationstechniken wie dem Telefon scheinen Landesgrenzen nur für die Gebührenerhebung eine Rolle zu spielen.

Das wesentliche Moment der Aufklärung ist für Kant der öffentliche Gebrauch seiner eigenen Vernunft, „den jemand als Gelehrter von ihr vor dem ganzen Publicum der Leserwelt macht“.⁹ Zum Einen muss es eine lesende Öffentlichkeit geben und zum Anderen muss der aufklärende Mensch Schriften anfertigen können. Lesen und Schreiben sind absolut unentbehrlich für die Lebenswelt des modernen Menschen geworden. Durch sie wird der Mensch zu einem *animal symbolicum*, einem Wesen, das die Welt strukturiert wahrnimmt und symbolisch begreift.

Der Computer und in einem größeren Maße das Internet können entscheidend dazu beitragen, den modernen Menschen zu ermutigen, von seiner Vernunft öffentlich Gebrauch zu machen. Mit Weblogs und Internetforen besitzen Interessensgemeinschaften die Möglichkeit, kritische Texte jenseits der Leitmeinung zu veröffentlichen. Auf der anderen Seite können neue Medien automatisiert kontrolliert werden, was wiederum eine Zensur erleichtert.

2.3 Chancen und Risiken von IuK-Techniken

Es wurde bereits angedeutet, dass Bildung und Aufklärung neuralgische Punkte in Bezug auf das Erreichen der Millenniumziele sind. Implizit wurde auch der Wunsch geäußert, dass beides, Bildung und Aufklärung, vermittelt moderner IuK-Techniken vorangetrieben werde. Ob diese Techniken bei der Bildung unterstützend wirken oder nicht, wird in Kapitel 4 erörtert. An dieser Stelle bereits sei ein Blick auf die Chancen und Risiken gewagt, die der Einsatz von IuK-Techniken in Entwicklungsländern mit sich bringt.

2.3.1 Umweltbelastung durch technische Geräte

Green Computing ist ein vergleichsweise neuer Begriff, der im Zuge des im Juni 2006 verabschiedeten IEEE 1680 „Standard for Environmental Assessment of Personal Computer Products“ aufkam. Die US-amerikanische Umweltbehörde EPA fördert eine Experten-Gruppe, die ein unabhängiges Energiesiegel an Geräte verteilt, die für den Verbraucher bestimmt sind (*Consumer*-Geräte). Die Vergabekriterien dieses Siegels reichen von der

⁹ KANT (1912): Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung, S. 37.

Forderung, keine oder geringe Mengen an giftigen Stoffen einzusetzen, bis hin zur Kennzeichnungspflicht der verwendeten Materialien.



Abbildung 2.1: Guiyu beheimatet das größte Elektroschrott-Recyclinggebiet in China.

Weltweit werden jährlich zwischen 20 und 50 Millionen Tonnen Elektronikschrott (*eWaste*) produziert.¹⁰ Abbildung 2.1 zeigt einen winzigen Teil der Elektroschrottberge von Guiyu, einer Stadt, in der jährlich 1,5 Millionen Tonnen *eWaste* wiederverarbeitet werden. Der Handel mit den hochgiftigen Stoffen ist inzwischen von der chinesischen Regierung verboten worden, doch sowohl Kontrollen als auch Sanktionen lassen bislang auf sich warten. 40 Prozent der Elektronikartikel werden in Guiyu wiederverwertet und günstiger weiterverkauft. Ärmere Menschen in ländlichen Gebieten können sich nur diese *refurbished devices* leisten und Wiederverwendung ist besser als Recycling – es spricht auf den ersten Blick nichts gegen die Idee der Wiederaufbereitung. Jedoch sind die Arbeitsbedingungen eines Arbeiters auf einem solchen Recycling-Hof erschreckend, wie das gemeinnützige Basel Action Network (BAN) feststellt.¹¹ Verschiedene Plastiksarten werden verbrannt und anhand ihres Geruchs klassifiziert, die Arbeiter wickeln mit der Hand Kupferspulen ab und verarbeiten hochgiftige Materialien ohne Schutzanzüge.

Ein zweiter Blick auf das vermeintliche Geschenk der reicheren Länder an die ärmeren in Form von *eWaste* offenbart weitere Probleme veralteter Technik. Der Energieverbrauch älterer technischer Geräte im Gegensatz zu neueren ist weit höher, darüber hinaus ist die Betriebssicherheit der wiederaufbereiteten Geräte unter Umständen nicht gegeben. Jim Puckett und seine Kollegen von BAN bringen es auf den Punkt:

This sounds like it might have the makings of a classic “win-win” situation,

¹⁰ PUCKETT, Jim et al.: The Digital Dump. Exporting Re-use and Abuse to Africa; Seattle: The Basel Action Network, 2005 (URL: <http://www.ban.org/Library/TheDigitalDump.pdf>), S. 7.

¹¹ JOHNSON, Tim: World’s discarded computers land in China’s digital scrap heap; (URL: http://www.ban.org/ban_news/2006/060405_discarded_computers.html), Konsultation: 24. September 2008.

where the North can shovel away much of its growing e-waste mountain that threatens groundwater in landfills and is proving to be a serious burden for local municipalities, and at the same time benefit those who are too poor to afford brand-new equipment. [...] Too often, justifications of “building bridges over the digital divide” are used as excuses to obscure and ignore the fact that these bridges double as toxic waste pipelines to some of the poorest communities and countries in the world. While supposedly closing the “digital divide,” we are opening a “digital dump.”¹²

2.3.2 Netzwerke gegen die Korruption

Korruption ist ein Missbrauch der anvertrauten Macht aus niederen Beweggründen. Die einzelnen Mitglieder einer jeden Regierung sind dazu verpflichtet, verantwortungsvoll mit der Macht umzugehen, die ihnen das Volk als Souverän verliehen hat, weil die vornehmlichste Aufgabe eines Staates ist, für das Wohl seiner Bürger zu sorgen. Korruption stellt gerade in ärmeren Ländern eine unmittelbare Gefahr für Leib und Leben dar, wenn beispielsweise bei der Vergabe von Medikamenten auf wichtige Kontrollen verzichtet wird oder gezahltes Bestechungsgeld an anderer Stelle fehlt. Seit dem Jahre 2005 verpflichtet das völkerrechtlich bindende Übereinkommen der Vereinten Nationen zur Bekämpfung von Korruption die 140 es unterzeichnenden Nationen zur Bestrafung verschiedener Formen der Korruption und zur internationalen Zusammenarbeit.¹³ In dem Übereinkommen wird von den unterzeichnenden Nationen unter anderem gefordert, dass sie geeignete technische Maßnahmen zur Verhinderung von Korruption ergreifen.¹⁴

Der Einsatz von IuK-Techniken kann zu einem deutlichen Rückgang von staatlicher Korruption führen, schreibt auch Transparency International (TI):

Having access to information plays a key role in efforts to curb corruption and control its impact. By facilitating the release of information from a variety of sources into the public domain, it introduces a fundamental mechanism of transparency and accountability. Where official information can be viewed by any interested party – including members of the public, civil society and the media – corruption becomes more difficult to conduct and to conceal. [...] Access to information is also integral to the achievement of development goals. It can shed light on the corrupt diversion of resources intended to reduce poverty levels and improve the effectiveness of aid to populations

¹² PUCKETT et al. (2005): The Digital Dump, S. 2.

¹³ Die *United Nations Convention against Corruption* wurde von 140 Nationen unterzeichnet und durch 126 ratifiziert. Deutschland hat das Übereinkommen bislang noch nicht ratifiziert. (URL: <http://www.unodc.org/unodc/en/treaties/CAC/signatories.html>), Stand: 24. September 2008, Konsultation: 13. Oktober 2008.

¹⁴ United Nations Convention against Corruption, Artikel 1b: „facilitate and support international cooperation and technical assistance in the prevention of and fight against corruption“, (URL: http://www.unodc.org/pdf/crime/convention_corruption/signing/Convention-e.pdf), Konsultation: 8. Oktober 2008.

across the globe.¹⁵

Der Zugang zu unabhängigen Informationen ist heutzutage undenkbar ohne einen freien Zugang zu IuK-Techniken. Gemeinnützige Nichtregierungsorganisationen wie TI setzen sich dafür ein, allen Menschen die Möglichkeit einzuräumen, ihre unveräußerlichen Rechte durchsetzen zu können, worunter auch das Recht auf Bildung fällt.

2.4 Technik, Bildung und Visionen

Neben den genannten Risiken des Einsatzes von IuK-Techniken müssen auch die vermeintlichen Chancen eines solchen Einsatzes kritisch geprüft werden. Zum einen besteht die Frage nach der Legitimität globaler Entwicklungsprojekte, die zweifelsohne *dem Wohle* des weniger privilegierten Teils der Menschheit dienen sollen, aber in den seltensten Fällen *gemeinsam mit* ihm entwickelt worden sind. Ein Entwicklungsprojekt ist nur dann legitim, wenn der Adressat der Durchführung des Projektes vernünftigerweise zustimmen kann, wobei sein faktisches Einverständnis für die Legitimierung nicht nötig und organisatorisch auch gar nicht durchführbar ist.

Die andere Frage ist die der Notwendigkeit von Bildungsprojekten für Regionen der Welt, die ganz andere Probleme haben. Stillen ein paar Laptops den Durst der Menschen in Gegenden ohne Trinkwasser? In der Einleitung stellte ich bereits einen Vorschlag zur erfolgreichen Umsetzung der Millenniumsziele der Vereinten Nationen zur Disposition. Meines Erachtens gibt es sie, die Panazee, und sie nennt sich Bildung. Die Forderung nach einem aufgeklärten Weltbürgertum kann leicht missverstanden werden als Analogon zum geflügelten Wort vom Kuchen für Hungernde. In der Tat sorgt Bildung nicht dafür, dass einzelne Regionen von heute auf morgen mit Wasser versorgt werden, Bildung sorgt dafür, dass Menschen die Bedingungen der Möglichkeit einer Trinkwasserversorgung überhaupt erkennen und damit erhalten können. Die Verletzlichkeit des Wasserkreislaufes oder die Methoden der Wasseraufbereitung sind Erkenntnisse aus Forschung und Lehre, die zukünftigen Generationen vermittelt werden müssen.

Kinder sind buchstäblich unsere Zukunft, daher ist es besonders wichtig, Ihnen die Möglichkeit zu geben, etwas zu lernen. Ein Vorteil hierbei ist die Tatsache, dass sie auch dann aufmerksame Studenten ihrer Umwelt sind, wenn gar keine Lehrer in der Nähe sind. Diese von Jean Piaget beobachtete Tatsache inspirierte Alan Kay zur Entwicklung eines technischen Gerätes, das Kindern ermöglichen sollte, auch ohne klassische Lernumgebung zu lernen: dem Dynabook.

2.4.1 Dynabook

Alan Kays Vision eines *Personal Computers* für Kinder aller Altersklassen hat bis zum heutigen Tage nichts an Aktualität verloren, im Gegenteil, mit dem XO-Gerät des OLPC-

¹⁵ TRANSPARENCY INTERNATIONAL: Anti-corruption handbook; (URL: http://www.transparency.org/policy_research/ach/strategies_policies/access_to_information_discussion), Konsultation: 25. September 2008.

Projektes wird diese Vision tatsächlich realisiert.¹⁶

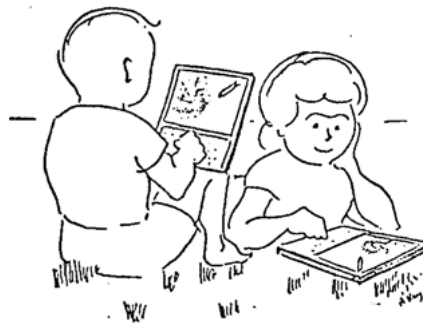


Abbildung 2.2: Dynabook: Alan Kays Vision von 1972

Der *Personal Computer* sollte nach Kays Vorstellung Medium und Werkzeug zugleich sein, um den Lernprozess eines Kindes zu erleichtern. Dazu müsse allerdings zuerst untersucht werden, wie Kinder lernen. Kay bezieht sich dabei auf die Lehren Jérôme Bruners, der seinerseits wiederum stark von Jean Piaget beeinflusst wurde. Piaget teilte die Entwicklung des Kindes in vier Stadien ein, Bruner (und damit Kay) in drei: Bis zum Alter von sechs Jahren *handeln* Kinder lediglich, sie lernen zu gehen, zu sprechen und erkennen Gegenstände wieder. Im Alter zwischen sechs und elf Jahren verstehen Kinder das Prinzip der Negation und Inversion, sie denken *bildlich*. Ab dem elften Lebensjahr entwickelt sich das *symbolische* Verständnis, sie denken in logischen Zusammenhängen und können formale Hypothesen aufstellen.

Der Einsatz des Dynabooks durch Kinder, die sich noch in der bildlichen (ikonischen) Phase befinden, könne helfen, abstrakte Modelle zu konkretisieren und zu visualisieren, so Kay. Er dachte dabei primär an physikalische Experimente, zum Beispiel an die Visualisierung des freien Falls einer Kugel oder an die Simulation elektrischer Schaltkreise. Kinder sollen ermutigt werden, mit Hilfe von Computern ihre eigenen Modelle zu entwickeln, was für Kay gleichbedeutend ist mit der Förderung des Denkvermögens überhaupt. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung ist der Besitz eines eigenen Computers. Wenn Kinder die benutzten Geräte als ihr Eigentum betrachten, gehen sie anders mit ihnen um, wie Studien zeigen konnten.¹⁷ Ein schuleigener Computer steht weder rund um die Uhr noch für einen unbestimmten Zeitraum zur Verfügung, die Benutzung eines Gerätes ist stets zweckgebunden, zum Beispiel zum Lösen von Hausaufgaben. Für Kay sollte der Computer dagegen wie ein Musikinstrument sein, zweckgerichtet in einem Moment (zum Beispiel kann es der Probe eines Konzertes dienen), aber in einem anderen Moment, und das ist Kay sehr wichtig, soll der Computer ein Medium zum Ausdrücken der puren Lebensfreude sein:

¹⁶ KAY, Alan: A Personal Computer for Children of All Ages; Boston: ACM National Conference, 1972. Auf die XO-Geräte wird in Kapitel 3.3 eingegangen.

¹⁷ LOWES, Susan und LUHR, Cyrus: Evaluation of the Teaching Matters One Laptop Per Child (XO) Pilot at Kappa IV; New York City: Institute for Learning Technologies, 2008, S. 16-18.

It can be like a piano: (a product of technology, yes), but one which can be a tool, a toy, a medium of expression, a source of unending pleasure and delight... and, as with most gadgets in unenlightened hand, a terrible drudge!!¹⁸

Alan Kay skizzierte seine Vision sehr präzise: Das Dynabook dürfe nicht teurer als 500 US-Dollar sein oder mehr als 1,8 Kilogramm wiegen. Sein Display solle eine Auflösung wie Papier besitzen und nur dann Strom verbrauchen, wenn sich der Bildschirminhalt ändert; das (grafische) Interface solle nur Symbole benutzen, die der Benutzer des Gerätes auch verstehe.¹⁹ Erst dann könnte es von Kindern als ein *carry anywhere device* akzeptiert und überall und zu jeder Zeit eingesetzt werden.

Enough said.
Let's just do it!²⁰

Diese Aufforderung Kays griffen die Initiatoren des *One Laptop Per Child*-Projektes auf und mit Alan Kay haben sie einen kompetenten und engagierten Mitarbeiter gefunden, der viele Aspekte seines Dynabooks in den bereits in der Einleitung erwähnten XO-Geräten verwirklichen konnte.

2.4.2 Das One Laptop Per Child-Projekt



Abbildung 2.3: Das Logo des One Laptop Per Child-Projektes.

Anfang 2005 wurde am MIT Media Lab, einer Fakultät der Universität Massachusetts Institute of Technology, eine Forschungsinitiative gestartet, die zum Ziel hatte, einen möglichst kostengünstigen Laptop zur Förderung von Bildung in Entwicklungsländern zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurde die Non-Profit-Organisation *One Laptop Per Child* in der US-amerikanischen Stadt Delaware gegründet, deren Vorsitzender Nicholas Negroponte ist. In einer *eMail* beschreibt er den Auftrag von OLPC:

To eliminate poverty and create world peace by providing education to the poorest and most remote children on the planet by making them more active in their own learning, through collaborative and creative activities, connected to the Internet, with their own laptop, as a human right and cost free to them.²¹

¹⁸ KAY (1972): A Personal Computer for Children of All Ages, S. 1.

¹⁹ Ebda., S. 6.

²⁰ Ebda., S. 10.

²¹ NEGROPONTE, Nicholas: eMail vom 16. Mai 2008; <URL: <http://lists.laptop.org/pipermail/sugar/2008-May/005794.html>>, Konsultation: 14. Oktober 2008.

Der Name des OLPC-Projektes ist Programm: Buchstäblich jedes Kind im Grundschulalter soll in den nächsten Jahren einen eigenen Laptop erhalten. Durch diese Größenordnung lasse sich das Projekt leichter zu den angestrebten Konditionen entwickeln, betonte Negroponte in seiner Keynote zur Konferenz „Internet and Society 2007“ an der Harvard Universität in Boston.²² Das Team von One Laptop Per Child entwickelte ein Gerät, das es in dieser Form noch nicht auf dem Markt gab. Die schiere Menge an benötigten Geräten – 100 Millionen Einheiten pro Jahr – ermöglichten schließlich die Produktion der sogenannten XO-Geräte. OLPC ist kein technisches, sondern ein Bildungsprojekt. Es gibt Schulen auf der Welt, die ohne ein Gebäude auskommen müssen und deren Lehrer keinen Zugang zu aktuellen Lehrmaterialien besitzen. Es ist wichtig, sich diese Situation vor Augen zu führen, da sich sonst der Sinn des Einsatzes von Computern in der Bildung nicht unmittelbar erschließt. Es geht nicht um die Förderung von *computer literacy*, wie bereits erwähnt wurde, sondern um die Bereitstellung vermeintlich alltäglicher Lern- und Lehrmaterialien wie Schulbücher, Tafeln und Kreide.

Das Bildungsprojekt OLPC basiert auf dem konstruktionistischen Bildungsansatz Seymour Paperts und auf der Vision Alan Kays, mit Hilfe von Computern das Denken von Kindern zu fördern. Radikaler könnte man das Ziel mit *change how kids learn* beschreiben.²³ Ein offensichtlicher Nachteil des oft gescholtenen Frontalunterrichtes wohlhabender Staaten ist die Abhängigkeit von einem guten Lehrer, ohne einen Lehrer kann es keinen klassischen Unterricht mit Klassen, Hausaufgaben und Klausuren geben.

Viele Projekte in weniger wohlhabenden Ländern scheitern an der fehlenden technischen Infrastruktur. In vielen Gegenden Afrikas beispielsweise gibt es nicht einmal Straßen, so dass diese Gegenden während der Regenzeit praktisch nicht zu erreichen sind. Elektronische und elektromechanische Geräte benötigen Strom, der in Regionen ohne Stromleitungen nicht fließen kann.

Auf der anderen Seite können technische Geräte die benötigte Infrastruktur selbst schaffen oder bestehende Lösungen besser ausnutzen, wie die Beispiele des folgenden Kapitels zeigen.

²² HARVARD UNIVERSITY: Nicholas Negroponte Keynote – Internet and Society 2007; (URL: <http://www.youtube.com/watch?v=or9GICoiXT0>), Konsultation: 23. September 2008.

²³ KRSTIĆ, Ivan: One Laptop Per Child; Juni 2007 (URL: http://www.olpctalks.com/ivan_krsti/ivan_krstic_open_source_summit.html), Konsultation: 13. Oktober 2008.

3 Infrastruktur und Technik

3.1 Zugang zu IuK-Technik in ländlichen Gebieten

Wenn in diesem Zusammenhang vom Zugang zu Informations- und Kommunikationstechnik die Rede ist, so ist damit zumeist das Internet gemeint und nicht etwa das Telefon. Genauso hartnäckig wie sie ignorant ist, hält sich die Behauptung, dass Menschen in weniger wohlhabenderen Ländern eher ein Telefonnetz als ein Datennetz benötigen. Zudem sei nicht jeder Haushalt auf ein eigenes Telefon angewiesen, ein sogenanntes Dorftelefon, über das alle Einwohner einer ländlichen Gegend verfügen können, würde ausreichen. Solche Behauptungen stammen von den Menschen, die ihrerseits schon längst beinahe ausschließlich per *eMail* kommunizieren und ihren Blick auf die Welt mit Hilfe von Suchmaschinen und Online-Enzyklopädien erweitern und zudem noch mehrere Telefonanschlüsse besitzen.

Die Idee eines Gemeinschaftstelefons für ganze Dörfer setzt nicht nur auf veraltete Technik, sondern kann die Ungleichheit zwischen Einwohnern ländlicher Gebiete und Stadtbewohnern sogar noch verstärken:

As a consequence, real-time telephony can reinforce gaps among rural populations since it encourages users to communicate mainly with people who have private phone lines, typically those of higher economic status located in more urban areas.¹

Die Einwohner vieler Entwicklungsländer ohne ein leitungsgebundenes Telefonnetz nutzen Mobiltelefone nach dem Standard *Global System for Mobile communication* (GSM). GSM stellt einen Dienst zur Übertragung von kurzen Textnachrichten (*Short Message Service*, SMS) bereit, dessen Nutzung jedoch im Vergleich zu den entstehenden Kosten beim Provider unverhältnismäßig teuer ist. Für den Zugang zu den Diensten und Informationsangeboten des Internets kommt die Nutzung von GSM aus Kosten- und Geschwindigkeitsgründen ohnehin nicht in Frage. Ohne Kupferleitungen verlegen zu müssen, besteht die Alternative, eine Breitbandverbindung direkt über Satelliten herzustellen – was ebenfalls sehr teuer ist – oder auf Wireless Lan (WLAN) zurückzugreifen. Um eine ganze Region flächendeckend mit WLAN zu versorgen, wären zahlreiche Repeater nötig, die das Signal verstärken und an einen Nachbarknoten schicken könnten, da die Reichweite von WLAN bei freier Sicht nur knapp zwei Kilometer beträgt. Diese Repeater benötigen Strom, was wiederum Leitungen erforderlich machte.

¹ PENTLAND, Alex, FLETCHER, Richard und HASSON, Amir: *DakNet: Rethinking Connectivity in Developing Nations*; IEEE Computer Society, 2004, S. 3.

3.1.1 DakNet: Asynchrones Internet mit hoher Bandbreite

Für ländliche Gebiete ohne funktionierende Stromleitungen ist ein Umdenken erforderlich. Es müssen bestehende Infrastrukturen analysiert und gegebenenfalls anders genutzt werden, so dass Daten transportiert werden können. Wie dieses Umdenken zu einer ausgefeilten technischen Lösung führen kann, beschreiben Pentland *et al.* in „DakNet: Rethinking Connectivity in Developing Nations“.²

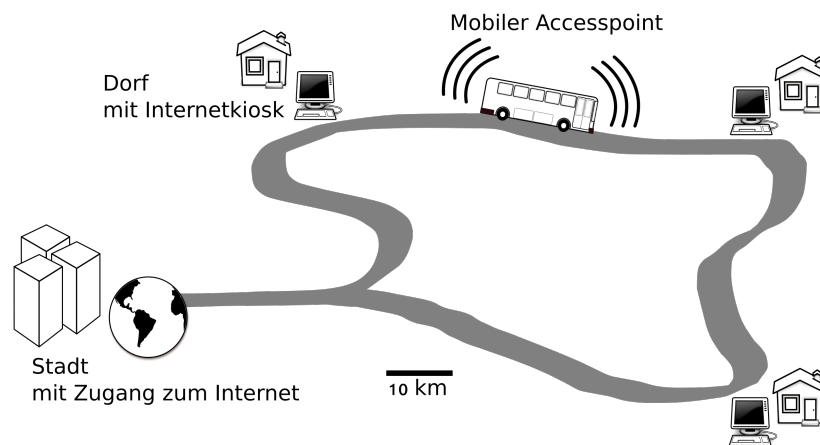


Abbildung 3.1: DakNet: Schema

Das am MIT Media Lab entwickelte DakNet wurde es in zwei Regionen der Welt erfolgreich getestet und befindet sich nach wie vor im Einsatz. Sowohl in der indischen Region Karnataka, als auch in Kambodscha wurden mobile Accesspoints (MAP) auf Busse oder andere Fahrzeuge montiert. Abbildung 3.1 zeigt eine schematische Darstellung der Funktionsweise.

Die Kommunikation per *eMail* erfolgt asynchron, das heißt die Kommunikationspartner müssen nicht gleichzeitig *online* sein oder über einen eigenen Computer verfügen. DakNet und ähnliche Lösungen nutzen diese Tatsache aus und stellen einen asynchronen Zugang zum Internet zur Verfügung. Der Zugriff auf die Internetseiten erfolgt durch den geschickten Einsatz von Zwischenspeichern. Die beliebtesten Nachrichtenseiten beispielsweise werden jeden Morgen auf der Festplatte eines MAPs zwischengespeichert und während des Tages auf entsprechende öffentlich zugängliche Computer kopiert. Selbst in infrastrukturell schwach ausgestatteten ländlichen Gebieten gibt es meistens eine Art von öffentlichem Personentransport in die umliegenden Gemeinden und Städte. Anstatt also neue Kupfer- oder Glasfaserleitungen zu verlegen, können mit einem Zehntel der Kosten mobile Accesspoints angeschafft und auf Busse, Motorräder oder Eselskarren montiert werden. In den meisten ländlichen Gebieten und Dörfern besitzen die Einwoh-

² PENTLAND, FLETCHER UND HASSON (2004): DakNet. *Dak* ist Hindi für Post.

ner keinen eigenen Computer, sondern nehmen einen öffentlich nutzbaren Computer in einem sogenannten Internetkiosk in Anspruch, der dem europäischen *Internetcafé* oder der lateinamerikanischen *cabina pública* entspricht, um dort ihre *eMails* zu lesen, mit ihrer Regierung zu kommunizieren oder um zu spielen.

Wenn ein so ausgestatteter Bus (oder Motorrad oder Eselskarren) in die Reichweite eines Internetkiosks kommt, werden neue Anfragen des Kioskcomputers gesammelt und bereits gestellte Anfragen beantwortet. *En passant* werden ca. zwanzig Megabytes an Daten ausgetauscht. Hierbei ist der Durchsatz sehr viel höher als über ein 56K-Modem, eine Echtzeitkommunikation mit verschiedenen Internetdiensten ist jedoch nicht möglich. Am Ende der Tour werden die gespeicherten Anfragen in der nächstgelegenen Stadt, die mit einem sogenannten Hub ausgestattet ist, an das Internet gestellt und die Antworten gesammelt, bereit, in der nächsten Runde ausgeliefert zu werden.

Eine Lösung wie das DakNet ist nicht nur kostengünstiger als eine entsprechende Verkabelung der ländlichen Regionen, sie ist darüber hinaus schnell umzusetzen und ausbaufähig. Parallel zum Einsatz von MAPs können Leitungen verlegt oder größere Sende- und Empfangsstationen gebaut werden, die über eine höhere Reichweite als die mobilen Accesspoints verfügen.

3.1.2 eGovernment in ländlichen Gebieten

Es wurde bereits angesprochen, dass der Einsatz von IuK-Techniken in der Verwaltung zu größerer Transparenz führen kann und dadurch Korruption verhindert wird. Ein weiterer Aspekt des Einsatzes ist die bis heute unerreichte Idee einer papierlosen oder -armen Verwaltung, um Ressourcen zu schonen. Das Potential von *eGovernment*, also der Möglichkeit für Einwohner auch ländlicher Gebiete, einfache Verwaltungsaufgaben über das Internet auszuführen, verdient besondere Erwähnung. Gerade in ärmeren und ländlichen Gegenden ist der Einsatz von *eGovernment* unentbehrlich. Eine Fahrt mit dem Bus von einer indischen Provinz in die nächste Stadt und zurück kostet einen Bauern beinahe den Lohn einer ganzen Woche, wenn er es sich überhaupt zeitlich erlauben kann, eine solche Reise zu unternehmen.³ Einfache Anfragen und Formulare können auch über das Internet gestellt und ausgefüllt werden. Natürlich können sehr viele Bauern und einfache Landarbeiter einen Computer nur unzureichend bedienen und sind auf die Hilfe der Besitzer von Internetkiosken angewiesen. Die Besitzer müssen demzufolge nicht nur in der Bedienung der Software geschult werden, sondern auch in Verwaltungsaufgaben.

³ Im Distrikt Sirsa kostete 2001 eine Fahrt mit dem öffentlichen Personentransport 50 indische Rupien, umgerechnet 75 Cent. Das Bruttoinlandsprodukt beträgt im Durchschnitt knapp 100 indische Rupien pro Tag und Arbeiter. Tatsächlich ist der Verdienst von Landarbeitern ungleich niedriger und liegt bei 20 Rupien für einen zehnstündigen Arbeitstag. (Quellen: PENTLAND, FLETCHER UND HASSON (2004): DakNet, S. 6, UNITED NATIONS: United Nations Conference on Trade And Development (UNCTAD) Handbook of Statistics; 2005b (URL: <http://www.bpb.de/files/4LK77T.pdf>), S. 348).

3.2 Netzwerke

Das gesamte Netz wird aus Schlingen gebildet, die wieder durch Knoten derart verbunden werden, daß beim Ausbreiten des Netzes die bekannten rhombischen Maschen sich zeigen. Bei diesen Knoten- oder Filetgeweben bildet ein Faden das ganze Gewebe durch seine Verschlingungen mit sich selbst; mithin muß der Faden mitsamt seinem Vorratsbehälter den ganzen Weg geführt werden.⁴

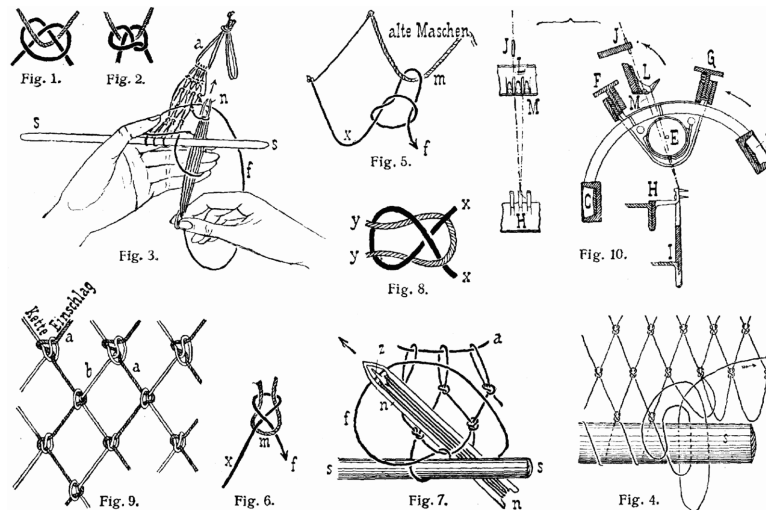


Abbildung 3.2: Netz, aus weiten Maschen bestehendes Gestrück.

3.2.1 Peer-to-Peer-Systeme

Die in Kapitel 3.1.1 betrachtete Technik folgt einer Client-Server-Architektur. Es wird vorausgesetzt, dass es einen zentralen Server gibt (im Falle des DakNet einen Hub, der mit dem Internet verbunden ist) und einige Clients, die darauf zugreifen wollen (der Rechner eines Internetkiosks, ein Schulcomputer oder ein Laptop in der Flugzeuglounge). Historisch entstand diese Architektur zur Zeit der Mainframes und Minicomputer, als Rechenleistung ein knappes Gut und entsprechend teuer war. Der *Personal Computer* (PC) ist mittlerweile allerdings so leistungsstark, dass nur noch Spezialanwendungen große Rechenanlagen benötigen, etwa Bankanwendungen oder Wetterberechnungen.

Doch nicht nur die Leistung der Computer, auch die nutzbare Bandbreite für den Internetzugang hat in den vergangenen zehn Jahren weltweit rapide zugenommen. Die Kosten einer Pauschalabgabe für den Zugang zum Internet (flatrate) sind so niedrig wie nie zuvor. Einen zentral erreichbaren Server zu unterhalten, ist dagegen immer noch vergleichsweise teuer und aufwändig, weil er in einem klimatisierten Raum stehen und

⁴ LUEGER, Otto: Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften; Band 6, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1908, S. 605. Eintrag: Netzen.

ständig erreichbar sein muss. Die Nachteile einer Client-Server-Architektur sind bekannt und wurden an anderer Stelle ausführlich beschrieben.⁵ Zentralisierte Systeme sind sehr anfällig für Störungen, weil Daten und Leistung nicht mehr zur Verfügung stehen, wenn der zentrale Server ausfällt. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass sich einzelnen Clients die Bandbreite des Servers teilen müssen.

Im Mai 1999 ging die Anwendung Napster *online*. Die einzelnen Nutzer konnten über Napster Dateien miteinander tauschen, ohne sie vorher auf einen zentralen Server hochzuladen. Für solche Anwendungen hat sich der Name *Tauschbörse* durchgesetzt, obwohl mit den Dateien nicht gehandelt wird. Die miteinander kommunizierenden Systeme waren einander gleichberechtigt, das heißt, sie waren nie ausschließlich Clients oder Server, da sie sowohl Dateien senden und empfangen konnten. Für die einzelnen Systeme etablierte sich schließlich die Bezeichnung *Peer*. Doch obwohl der Siegeszug der Peer-to-Peer-Netze (P2P) mit Napster begann, war dies kein reines P2P-System, da ein zentraler Server die einzelnen Peers erst miteinander bekannt machen, also die Verwaltung der Kommunikation übernehmen musste. Inzwischen besitzen reine P2P-Systeme keinen zentralen Server mehr, sie sind dezentral und selbstorganisiert.

Die Netzwerktopologie eines P2P-Systems kann sich jederzeit ändern; privat genutzte Computersysteme sind typischerweise nicht rund um die Uhr eingeschaltet oder *always on*, also ständig mit dem Internet verbunden. Doch die eigentliche Herausforderung an Peer-to-Peer-Netze kam erst mit dem verstärkten Einsatz von Funknetzwerken (*Wireless Local Area Network*, WLAN) auf. Laptops mit entsprechenden Funkkarten sind mobile Geräte und können an wechselnden Standorten betrieben werden. Die Topologie eines Funknetzes ändert sich aber nicht nur deshalb permanent. Da die Konnektivität von WLAN-Geräten im Gegensatz zu der fest verkabelter Systeme nur mit Hilfe von Wahrscheinlichkeiten angegeben werden kann, kann sich die Netzwerktopologie auch dann ändern, wenn die Peers nicht in Bewegung sind. Ein solches dynamisches Netzwerk aus mobilen Peers, die per WLAN miteinander kommunizieren, ohne einen zentralen Server zu benötigen, nennt sich *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET).⁶

Die Herausforderungen an ein MANET sind zahlreich und reichen von der angesprochenen Mobilität bis hin zu den eingeschränkten Ressourcen der Geräte. Die meisten Probleme sind inzwischen jedoch sehr gut gelöst worden.⁷

3.2.2 Mobile Ad-Hoc-Netzwerke

Die Modellvorstellung eines Funknetzwerkes suggeriert, dass sich Funkwellen kugelförmig vom Sender ausbreiten. Dies trifft jedoch nicht zu. Anders als beim kabelgebundenen Netzwerk sind die einzelnen Knoten im Netzwerk nicht permanent miteinander verbunden. Es kann lediglich eine Wahrscheinlichkeit dafür angegeben werden, ob die einzel-

⁵ COULOURIS, George, DOLLIMORE, Jean und KINDBERG, Tim: Verteilte Systeme. Konzepte und Design; München: Pearson Studium, 2005.

⁶ Natürlich könnten die einzelnen Peers auch per Bluetooth miteinander kommunizieren. Die Reichweite von Bluetooth ist mit ca. 10 Metern zu gering für die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Projekte.

⁷ STEINMETZ, Ralf und WEHRLE, Klaus (Hrsg.): Peer-to-Peer Systems and Applications; Berlin: Springer Verlag, 2005, S. 401-417.

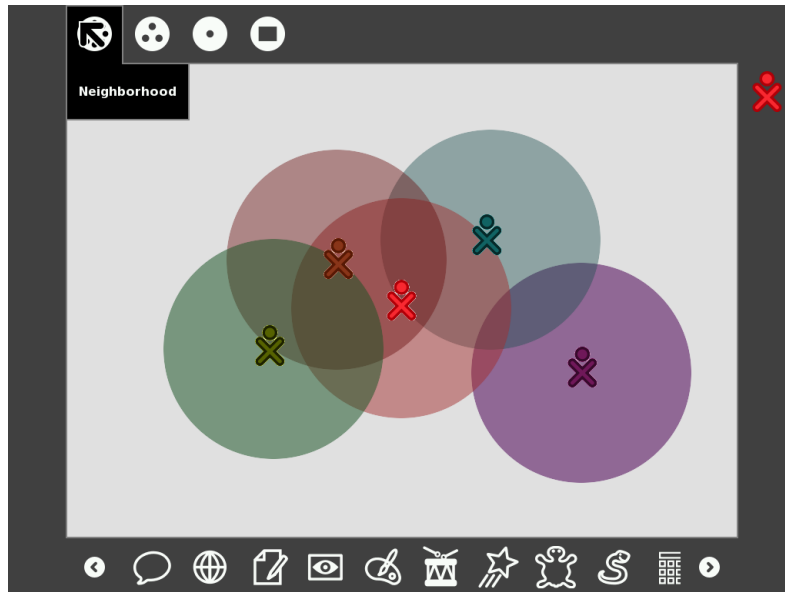


Abbildung 3.3: Funknetzwerktopologie mit den Peers A, B, C, D und E (von links).

nen Kommunikationspartner miteinander verbunden sind. Der Wind, der die Blätter in einem umliegenden Baum bewegt, das Wetter im Allgemeinen beeinflusst bereits die Reichweite von WLAN und damit die gesamte Netzwerktopologie. WLAN-Geräte nach dem IEEE-802.11-Standard des *Institute of Electrical and Electronics Engineers* senden und empfangen ihre Signale im lizenzfreien Frequenzband von 2,400 bis 2,485 GHz. Aufgrund der Dipol-Struktur von Wasser wird ein Teil der Energie der Funkwelle beispielsweise von Nebel oder Regen absorbiert, was dazu führt, dass an einem Sonnentag eine andere Netzwerktopologie besteht als an einem regnerischen.⁸

In einem Netzwerk werden Daten in sogenannten Paketen verschickt. Ein Datenpaket enthält sowohl das zu verschickende Datum als auch die Empfängeradresse und andere Metadaten. Der Sender eines Datenpakets gibt nur den Empfänger an, ohne den Weg zu beschreiben, den es einschlagen muss (*Routing*). Den optimalen Weg zu berechnen, ist nicht trivial, es gibt jedoch zahlreiche *Routing*-Algorithmen für kabelgebundene Netzwerke. Da sich die Topologie von Funknetzwerken schnell ändern kann, ist es notwendig, neue *Routing*-Algorithmen speziell für mobile Ad-Hoc-Netzwerke (MANETs) zu entwickeln. Die einzelnen mobilen Peers sind meist sehr ressourcenbegrenzte Systeme, es können also nicht alle möglichen Routen auf jedem Knoten gespeichert werden. Die Peers verfügen über wenig Speicherplatz, einen beschränkten Energievorrat, wenig Prozessorleistung etc. Außerdem ist nicht gewährleistet, dass sich die Geräte ständig in Bereitschaft oder in Reichweite befinden.

Der violette Peer (E) aus Abbildung 3.3 kann mit dem grünen Peer (A) nur mittelbar kommunizieren, zum Beispiel mit Hilfe des roten Peers (C). Wenn dieser vermittelnde

⁸ BERNATH, Peter: The spectroscopy of water vapour: Experiment, theory and applications; in: Physical Chemistry Chemical Physics, 2002.

Knoten ausfällt, weil der Akkumulator leer ist oder plötzlich Regen einsetzt, ist diese Route unterbrochen. *Routing*-Algorithmen müssen nun einen neuen Weg finden, in unserem Beispiel violett–türkis–braun–grün. Das Suchen und Finden von optimalen Routen ist Gegenstand intensiver aktueller Forschung.^{9,10,11}

3.2.3 IEEE 802.11s

Das *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) bildet Gremien zur Normung von Techniken. Seit 2003 beschäftigt sich eine Arbeitsgruppe damit, den 802.11s-Standard für drahtlose Mesh-Netzwerke zu definieren. Wie bei jeder Neuentwicklung eines Netzwerkstandards bildet dabei das sogenannte *Open Systems Interconnection Reference Model* (OSI-Modell) die Entwicklungsgrundlage.¹² Folgt man dem OSI-Schichtenmodell, so findet das *Routing* auf der Vermittlungsebene statt, also auf der gleichen Ebene wie das Internetprotokoll. Gegenstand des IEEE 802.11s-Standards ist, die Paketvermittlung schon auf der darunter liegenden Sicherungsschicht zu ermöglichen, in einer Schicht, die auch für die eindeutige Kennung einer Netzwerkkarte im Netzwerk zuständig ist.

Wenn die Netzwerkkarte eine eigene Stromversorgung (einen kleinen Akkumulator beispielsweise) und einen eigenen Prozessor besitzt, kann sie *Routing*-Aufgaben auch dann übernehmen, wenn der dazugehörige Laptop ausgeschaltet ist. Die XO-Geräte des OLPC-Projektes besitzen solche WLAN-Karte, die über einen eigenen Prozessor und über eine eigene Stromversorgung verfügen und somit auch im ausgeschalteten Zustand aktive Knoten des Funknetzwerks darstellen.

3.3 Die XO-Geräte des OLPC-Projektes

Die Bezeichnung XO ist kein Akronym, sondern typografische Entsprechung des Symbols ☒, dem Piktogramm eines Kindes. Der Prototyp der Laptops wurde 2005 in Tunis von Nicholas Negroponte und Kofi Annan auf dem Weltgipfel zur Informationsgesellschaft vorgestellt. Da die Geräte auch in Gegenden ohne elektrische Infrastruktur betrieben werden sollten, verfügten sie über eine gelbe Kurbel an der Seite, womit per Muskelkraft Strom erzeugt werden konnte. Die neongelbe Kurbel und das Bildungskonzept des OLPC-Projektes unterscheiden die XO-Geräte von anderen Laptops. Sie sind speziell für Kinder in ländlichen Gebieten gedacht und das Team von OLPC legte großen Wert darauf, dass man diese Spezialisierung auch äußerlich erkennt. Die Geräte besitzen ein weiß-grünes Plastikgehäuse mit Tragegriff, die aufklappbaren WLAN-Antennen werden

⁹ DALY, Elizabeth und HAAHR, Mads: Social Network Analysis for Routing in Disconnected Delay-Tolerant MANETs; ACM, 2007.

¹⁰ LIU, Cong und WU, Jie: Scalable Routing in Delay Tolerant Networks; ACM, 2007.

¹¹ VAHDAT, Amin und BECKER, David: Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks; Durham: Duke University, 2000.

¹² INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model; 2. Auflage. Genf: ISO/IEC Office, 1994. (URL: [http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/s020269_ISO-IEC.7498-1.1994\(E\).zip](http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/s020269_ISO-IEC.7498-1.1994(E).zip)), Konsultation: 1. November 2008.

in Fachkreisen „Hasenohren“ genannt und auch sonst wirkt der Laptop sehr verspielt – es ist ein Gerät für Kinder.

3.3.1 Allgemeine Daten

Die XO-Geräte wurden speziell für den Einsatz zur Förderung von (Grundschul-)Bildung in ländlichen Gebieten konzipiert, was man auch den technischen Details entnehmen kann. Die Entwickler waren sich bewusst, dass die Laptops in Kinderhände kommen würden und dementsprechend stoßresistent sein sollten. Die Tasten sind kleiner als bei einem Laptop für Erwachsene. Es wurde bereits angesprochen, dass die Geräte in Gegenden eingesetzt werden können, die weder über Strom noch über einen Internetzugang verfügen. Die Komponenten der XOs, insbesondere der Prozessor und das Display, verbrauchen sehr wenig Strom, insgesamt liegt die Leistungsaufnahme unter 4 Watt. Die Laptops besitzen einen AMD Geode LX-700 Prozessor, der mit 433 MHz getaktet ist. Das 7,5-Zoll-Display kann in zwei Modi betrieben werden, einem Farbmodus mit 692×520 Pixeln und in einem hochauflösenden Schwarz-Weiß-Modus (200 dpi), der die Sonne als Lichtquelle ausnutzt, so dass die Inhalte auf dem Bildschirm besser zu lesen sind, je mehr Sonne auf das Display scheint (siehe auch Tabelle 3.1). Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass die Geräte in sehr sonnenreichen Gegenden und vor allem außerhalb geschlossener Räume zum Einsatz kommen könnten, da es Schulen in Zentralafrika gibt, die aus wenig mehr als einem Baumstumpf bestehen.



Abbildung 3.4: Der XO-1 des OLPC-Projektes.

Die XOs verfügen über eine Videokamera nebst Mikrophon. Der Mikrofoneingang wurde von den Entwicklern so gestaltet, dass man ihn auch für kleinere physikalische Messungen verwenden kann. Die Festplatte besteht aus schnellen NAND-Flash-Speicherzellen mit einem Gigabyte Kapazität und ist nicht austauschbar, der Speicherplatz kann aber durch den Einsatz von USB-Sticks und SD-Speicherkarten erweitert werden. Die Netzwerkkarte setzt das bereits beschriebene 802.11s-Protokoll auf Hardware-Ebene um, was die Geräte in die Lage versetzt, sich spontan zu „vermaschen“.

Wie bereits in Kapitel 2.1 angesprochen, können Computersysteme eine akute Bedrohung für die Umwelt darstellen. Der XO des OLPC-Projektes hat dank des Einsatzes neuer Batterietechniken eine längere Lebensdauer, kommt ohne giftige Materialien aus, insbesondere ohne Quecksilber, und wird von OLPC wieder zurück genommen. Das ist

Gewicht	1.45 KG (inkl. Akku)
Prozessor	AMD Geode LX-700, 433 MHz
Display	7,5 Zoll Display mit LED-Hintergrundbeleuchtung
Auflösung	692 x 520 Pixel (Farbmodus) 1200 x 900 Pixel (S/W-Modus)
Netzwerk	WLAN nach 802.11s
Festplatte	1 GB NAND-Flash-Speicher
Arbeitsspeicher	256 MB DDR-333 mit 166 MHz
Anschlüsse	3× USB, SD-Kartenleser, Mikrofon und Kopfhörer
Energieverbrauch	2 Watt (Durchschnitt) min. 1 Watt, max. 4 Watt
Batterie	<i>LiFePO₄</i> , 4 Zellen, 22 Wh
Energiequellen	Strom, Sonne, Muskelkraft
Schutz vor	Wasser, Staub und Hitze

Tabelle 3.1: Datenblatt des XO

zwar ein wichtiger Schritt, noch besser wäre es allerdings, eine Möglichkeit zu schaffen, defekte Geräte direkt vor Ort wiederzuverwenden. Die XOs bestehen momentan aus ca. 900 Einzelteilen. Wenn man es schaffte, die Geräte aus 50 Einzelteilen zu fertigen, könnte man es den Menschen vor Ort ermöglichen, aus beispielsweise drei defekten Geräten wieder ein funktionstüchtiges zusammenzusetzen.

3.3.2 Software

Das Betriebssystem der XO-Geräte ist eine Linux-Distribution, die auf *Red Hat's Fedora Core* basiert. Sie wurde an die besondere Hardware der Laptops und an die Bedürfnisse von Kindern angepasst. Das XO-Sicherheitsmodell namens Bitfrost wurde entwickelt, um die XOs ohne den Einsatz von Passwörtern oder Antivirensoftware gegen sogenannte Schadsoftware abzusichern – ohne die Nutzer der Geräte einzuschränken.¹³

Die grafische Oberfläche Sugar wurde ebenfalls speziell für Kinder entwickelt. Die meisten herkömmlichen Systeme benutzen Metaphern, die auf Bürogegenstände verweisen, wie *folder* oder *file*, oder verwenden Icons von Speichermedien, die inzwischen kaum mehr verwendet werden (z. B.  zum Speichern von Dateien). Sugar hingegen verfolgt einen völlig neuen Ansatz.

Sugar

Anfang der 1970er Jahre stellten die Mitarbeiter des Xerox *Palo Alto Research Center* einen Computer vor, dessen Eingabegerät die von Douglas Engelbart erfundene *Mouse* war und der über eine grafische Bedienoberfläche verfügte, die es dem Benutzer erlaub-

¹³ KRSTIĆ, Ivan und GARFINKEL, Simson: Bitfrost: the one laptop per child security model; in: SOUPS '07: Proceedings of the 3rd symposium on Usable privacy and security; New York: ACM, 2007.

te, bereits während der Eingabe ein druckähnliches Ergebnis am Bildschirm sehen zu können. Die grafische Benutzeroberfläche (*graphical user interface*, GUI) mit der *Mouse* löste die traditionelle Eingabe per Tastatur ab. Befehle an den Computer werden seitdem nicht mehr eingetippt, sondern mit einem *Mouse-Click* angewiesen. Alle modernen Betriebssysteme verfügen über GUIs, die sich prinzipiell nicht voneinander unterscheiden. Dies liegt daran, dass selbst Entwickler neuer Oberflächen an bekannten Oberflächen ausgebildet worden sind. Nicht der Mensch als Designer und Programmierer formt die GUI – die GUI formt den Menschen als Anwender.

Die grafische Oberfläche der XO-Geräte Sugar wurde von den Mitarbeitern der SugarLabs entwickelt, einer Abspaltung des ursprünglichen OLPC-Entwickler-Teams um Walter Bender. Die Entwickler von Sugar gehen in gewisser Hinsicht wieder einen Schritt zurück, falls man die bisherige Entwicklung im GUI-Bereich als Fortschritt bezeichnen will. Anstatt vieler überlappender *Fenster* wird jede Anwendung in voller Größe auf dem Bildschirm dargestellt. Sie wird darüber hinaus nicht als Programm bezeichnet, da Schreiben, Zeichnen und Surfen im realen Leben Aktivitäten sind. Sie werden demzufolge im XO-Jargon ebenso genannt. Was erfahrene Computerbenutzer Zeichenprogramm nennen, finden sie in Sugar unter der Bezeichnung *Paint Activity*. Jede Aktivität kann von mehreren Kindern gleichzeitig betrieben werden, was die Zusammenarbeit und die soziale Interaktion fördern soll. Sugar übernimmt dabei die komplette Verwaltung der Kollaboration verschiedener Aktivitäten auf allen Geräten im selben Netz, jede Sugar-Aktivität kann mit anderen geteilt werden. Die Entwickler von Sugar beschreiben ihre Software folgendermaßen:

Sugar reinvents how computers can be used for education. Sugar provides a simple yet powerful means of engaging young children in the world of learning that is opened up by computing and the Internet. Sugar promotes sharing, collaborative learning, and reflection. Through Sugar's clarity of design, children and their teachers use computation on their own terms; they are free to reshape, reinvent, and reapply both software and content into powerful learning activities.¹⁴

Sugar besitzt kein klassisches Dateisystem, die Kinder greifen auf ihre Dokumente über die Tagebuch-Aktivität zu, die chronologisch auflistet, wann das Kind welche Aktivität ausgeführt hat. Dokumente und Projekte werden nicht im herkömmlichen Sinn gespeichert, sondern bei Änderung inkrementell auf die Festplatte geschrieben, so dass die einzelnen Entwicklungsstadien eines Projektes über das Datum abrufbar bleiben. Da die XO-Geräte über relativ wenig Speicherplatz verfügen, werden die alten Versionen auf dem Schulserver in verschlüsselter Form gespeichert. Dabei wurde großen Wert auf Datenschutz und Sicherheit gelegt, was an anderer Stelle ausführlicher beschrieben wird.¹⁵

¹⁴ SUGAR LABS: Welcome to Sugar Labs; (URL: http://sugarlabs.org/go/Main_Page), Konsultation: 22. Oktober 2008.

¹⁵ KRSTIĆ UND GARFINKEL (2007): Bitfrost, S. 3.

Schutz der Privatsphäre

Der Schutz der Privatsphäre von Kindern, die frei über ein Multimediagerät mit Mikrofon und Kameras verfügen können, war den Entwicklern ein großes Anliegen. Ein Schadprogramm (*Malware*) könnte beispielsweise die persönlichen Dateien der Kinder auf Fotos oder persönliche Dokumente hin untersuchen und diese dann auf einen entfernten Rechner hochladen. Das Sicherheitsmodell Bitfrost greift nicht etwa präventiv ein und verhindert, dass ein solches Programm installiert wird, es begrenzt jedoch die potentiellen Schäden. Bitfrost ermöglicht einer Software beispielsweise nur dann den Zugriff auf persönliche Daten, wenn das sie nicht auf das Internet zugreifen kann. Jeder Zugriff auf das Dateisystem muss durch den Benutzer erfolgen, ein Softwareprogramm kann grundsätzlich keine Dateien im Hintergrund öffnen oder manipulieren. Ein Schadprogramm kann also keinen sehr großen Schaden anrichten. Entweder kann es – die Hilfe des Benutzers vorausgesetzt – auf das Dateisystem zugreifen *oder* es kann über das Internet kommunizieren, niemals jedoch beides gleichzeitig. Das Schadprogramm kann, wie jede *activity*, nicht unbemerkt im Hintergrund ausgeführt werden. Ebenso wenig können Mikrofon und Kamera ohne den Benutzer aktiviert werden, zudem besitzen beide Geräte festverdrahtete Leuchtdioden, die anzeigen, wann das jeweilige Gerät aktiv ist. Die Kinder haben stets die volle Kontrolle über ihr Gerät. Dennoch steht außer Frage, dass die Kinder über mögliche Gefahren aufgeklärt werden müssen, so dass sie lernen können, sensibel mit ihren Daten umzugehen.

3.3.3 Mesh-Netzwerke und Kollaboration

Die Idee der Bildung von informationstechnischen Infrastrukturen durch Ad-Hoc-Netzwerke wurde bereits in Kapitel 3.2 angesprochen. Die XO's nutzen diese Technik, um Funksignale flächendeckend weiterzuleiten. Die als Hasenohren bezeichneten Antennen der Geräte sind äußerst leistungsstark, was sich in der vergleichsweise hohen Reichweite bemerkbar macht. Darüber hinaus besitzt die Netzwerkkarte der Laptops einen eigenen Prozessor und setzt das bereits skizzierte 802.11s-Protokoll um, so dass die XO's auch im ausgeschalteten Zustand die Funksignale weiterreichen können. Trotz der hohen Reichweite können in besonders dünn besiedelten Gebieten zusätzlich auch solarbetriebene Repeater eingesetzt werden, die an Bäumen oder Pfählen befestigt werden. Dies ist nötig, denn die XO's schöpfen ihr Potential erst dann voll aus, wenn möglichst viele Laptops untereinander vernetzt sind und einen Zugang zum Internet aufbauen können.

Die Möglichkeit der Zusammenarbeit an Aktivitäten auf den XO's unterscheidet die Geräte wesentlich von anderen tragbaren Computern. So können zwei Kinder gemeinsam an einem Bild arbeiten oder zu mehreren eine Webseite gestalten oder sich per Chat in Gegenden ohne Telefon über mehrere Kilometer hinweg unterhalten.

3.3.4 XO-Geräte als eBook und Physiklabor

Die XO-Geräte des OLPC-Projektes sollen vorhandene Lern- und Lehrmaterialien ergänzen. Die Laptops können auch in Schulen zum Einsatz kommen, die weder über Tische und Stühle, geschweige denn über Schulbücher verfügen. Mary Lou Jepsen, Gründerin

von Pixel Qi, entwickelte die hellen Displays der Geräte. Sie sah in den Geräten vor allem einen günstigen, robusten und vor allem modernen *eBook-Reader*. Elektronische Bücher werden nach wie vor in Schulen praktisch nicht eingesetzt, obwohl es für sie zahlreiche Lesegeräte gibt.¹⁶

Abgesehen vom Mangel an Schulbüchern gibt es zahlreiche Schulen in ländlichen Gebieten, die nicht über ein Labor verfügen, in dem die Schüler kleinere naturwissenschaftliche Experimente durchführen könnten. Mit dem Laptop können sowohl Versuche durchgeführt als auch dokumentiert werden. Im Biologieunterricht könnten Schüler beispielsweise mit der eingebauten Kamera die Entdeckungen eines Schulausflugs fotografieren und mit anderen Schülern per Chat diskutieren. Elektrische Messungen können mit Hilfe des modifizierten Mikrofoneingangs ebenfalls durchgeführt werden.

Durch Experimente lassen sich komplexe Zusammenhänge sehr anschaulich visualisieren und damit Kindern im Grundschulalter zugänglich machen.

¹⁶ STEINHAUSER, Andreas: Elektronische Dokumente und die Zukunft des Lesens; Vortrag auf dem 24. Chaos Communication Congress 2007 in Berlin (URL: <http://events.ccc.de/congress/2007/Fahrplan/events/2192.de.html>), Konsultation: 22. Oktober 2008.

4 Der Einsatz von Computern in der Bildung

4.1 Wie Kinder Lernen

4.1.1 Intuitive Weltbilder und wissenschaftliche Modelle

Wenn ein erwachsener Mensch ein kleines Kind nach der Herkunft des Windes fragt, so kann er als Antwort erhalten: „Die Äste der Bäume machen den Wind. Ungefähr so. Wusch-wusch-wusch“, wobei das kleine Kind dann mit den Armen rudert, was in der Tat einen kleinen Windstoß verursacht. Nun kann ein Erwachsener diese Naivität belächeln oder anfangen zu hinterfragen, was er denn selbst alles zu wissen glaubt. Weltbilder und wissenschaftliche Modelle sind lediglich Abbildungen, die den Menschen ihre Umwelt bestmöglich erklären sollen. Weltbilder der Antike beispielsweise wirken auf den modernen Menschen amüsant; bereits Aristoteles fand das Weltmodell des Thales von Milet absurd, wie er im vierten vorchristlichen Jahrhundert schrieb:

Andere sagen, die Erde liege auf dem Wasser. Denn das ist die älteste Theorie, die uns überliefert ist; Thales von Milet soll sie vertreten haben, in der Annahme, daß die Erde deshalb ruhe, weil sie schwimmfähig sei, ähnlich einem Stück Holz oder etwas anderem von dieser Art, das nicht auf Luft, wohl aber auf Wasser ruhen könne. Als ob nicht das selbe Argument wie für die Erde auch für das Wasser gelten würde, das die Erde trägt.¹

Ein Prüfstein für alle Theorien ist die Beobachtung der Umwelt. Kann die Theorie oder das Modell sämtliche beobachteten Phänomene erklären, wird die Theorie oder das Modell akzeptiert. Das oben beschriebene Käseglockenmodell des Thales kann nicht erklären, warum es in der Nacht dunkel wird oder wie die Jahreszeiten entstehen. Dabei gab es auch in der Antike bereits komplexere Modelle, die fast alle beobachteten Phänomene der Umwelt erklären konnten. Die Kosmologie des vorsokratischen Philosophen Anaximander von Milet kann rückblickend kühner ausgelegt werden, als es Aristoteles zu seiner Zeit tat.² Anaximander beschreibt die Erde als gewölbten Säulenstumpf, der gegenüber zwei feuergefüllten Reifen geneigt ist. Diese Reifen besitzen jeweils eine Öffnung, die von uns als Sonne bzw. Mond bezeichnet wird, die Sterne sind in einem Vorhang von Luft eingeschlossen und befinden sich zwischen den Feuerreifen und der Erde (siehe Abbildung 4.1.1).

¹ ARISTOTELES: de caelo II 13 294a28, Übersetzung nach KIRK, Geoffrey S., RAVEN, John E. und SCHOFIELD, Malcolm: The Presocratic Philosophers; 2. Auflage. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. Das Modell des Thales wird auch Käseglockenmodell genannt.

² Ebda., S. 123-128.

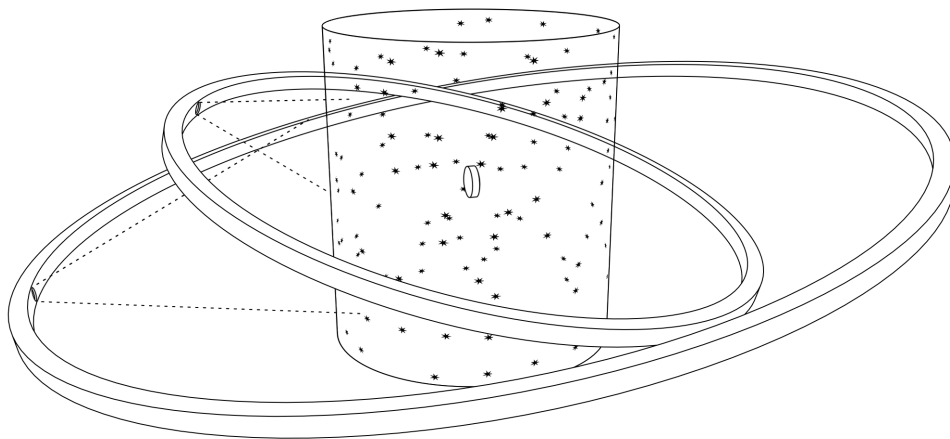


Abbildung 4.1: Das kühne Weltbild des Anaximander (610–547 v. u. Z.)

Ein Versuch, die im Widerspruch zur Kosmologie stehenden Beobachtungen zu erklären war oft, die Existenz irgendeiner Entität anzunehmen, die nicht erfasst werden kann, die aber die Lebenswelt aller Menschen beeinflusst. Sonnenwagen oder Götter, dunkle Materie oder Higgs-Teilchen: die Wahrheit wissenschaftlicher Modelle lässt sich nicht beweisen. Allgemein akzeptierte Theorien sind solche, denen alle Menschen vernünftigerweise zustimmen können.

Natürlich erzeugen nicht die Bäume den Wind – er entsteht, wenn ein Druckausgleich zwischen einem sogenannten Hoch und einem sogenannten Tief stattfindet. Das ist allgemeiner Konsens, der vieles erklärt, aber ebensovieles unbeantwortet lässt: Wie kommt es denn, dass Hochs und Tiefs entstehen? Muss denn nicht zu irgendeinem Zeitpunkt alles einmal ausgeglichen sein? Schwingt ein Pendel nicht auch irgendwann einmal aus? Die Theorien, die alle diese Fragen beantworten können, sind so komplex, dass der einzelne Mensch selbst Jahrtausende nach Heraklit seine Umwelt ebenso staunend wahrnimmt wie der vorsokratische Philosoph.

Alle Menschen entwickeln Modelle ihrer Umwelt und Kinder stellen hierbei keine Ausnahme dar. Die kindlichen Modelle sind zugegebenermaßen noch nicht so ausgereift wie deren erwachsene Pendants. Die Aufgabe eines guten Pädagogen muss deshalb genau darin bestehen, die intuitiven Modelle kohärent zur Beobachtung zu gestalten. Intuition kann zu einer allgemein akzeptierten Theorie führen, auch wenn der erste Ansatz oftmals viele der beobachteten Phänomene nicht erklären kann. Der Vorgang der gemeinsamen Analyse und Fehlersuche ist der entscheidende Schritt zum Lernen. Die gemeinsame Fehleranalyse muss jedoch vom Kind selbst durchgeführt werden und nicht von dem vermeintlich helfenden Pädagogen. Angelehnt an den fiktiven Dialog zwischen Galileo und Aristoteles in Seymour Paperts *Mindstorms*, kann eine von außen erzwungene Fehleranalyse so aussehen: „Nun, wenn die Bäume den Wind erzeugen, wie segelt dann ein Schiff über den Ozean?“ – „Ist doch klar, die Wellen machen dort den Wind.“ – „Aber

herrscht nicht auch in der Wüste ständig ein Wind, hört man nicht von Sandstürmen? Und in der Wüste gibt es nichts, außer Sand.“ – „Hmm.“.

Der Pädagoge in der Rolle des Galileo entmutigt das Kind auf der Suche nach einem korrekten Modell der Wirklichkeit. Ein solches Verhalten zeigt „[...] one of the most destructive blocks to learning: the use of formal reasoning to put down intuition“.³

Die Intuition kann einen Menschen sehr oft täuschen. Wie auch bei optischen Illusionen, kann ein Hinweis auf die vorliegende Täuschung diese nicht überwinden. Der Mensch muss verstehen, warum er so anfällig für diese Art von Irrtümern ist. Anstatt von außen etwas über den beobachteten Gegenstand zu erfahren, muss der Lernende zunächst sich selbst verstehen.

4.1.2 Gedankenexperimente und Visualisierungen

Die Open Magnet Charter School in Los Angeles ist eine mit öffentlichen Mitteln geförderte Schule, die von den traditionellen Regulierungen des Schulsystems ausgenommen wurde.⁴ Im Gegensatz zu anderen sogenannten Magnet Schools ist die Open School in Los Angeles offen für alle Schüler, ohne eine vorhergehende Eignungsprüfung durchzuführen. Magnet Schools legen ihren Schwerpunkt auf Wissenschaft, Technologie oder Kunst, wobei sie sich an Kinder im Grundschulalter richten. Sie haben sich ganz den konstruktivistischen Lehren von Piaget und Bruner verschrieben und versuchen, das geistige Potential der Schüler gemäß den entsprechenden Entwicklungsstadien der Kinder zu fördern.

An der Open Magnet Charter School versucht man, den explorativen Geist von Kindern im Alter zwischen drei und acht Jahren zu fördern. Die einzelnen Schulklassen werden nicht nach Alter bestimmt, sondern nach persönlicher Neugier und Entwicklungsstufe des Kindes. Ein eindrucksvolles Beispiel, wie Computer als Visualisierungswerkzeuge eingesetzt werden können, beschreibt die Pädagogin B.J. Allen-Conn in ihrem Buch „Powerful Ideas in the Classroom“.⁵ Dort führten Kinder ein einfaches Experiment mit verschiedenen Kugeln durch, um am Ende tiefere Einsichten in das Wesen der Gravitation und Beschleunigung zu erlangen. Diesem Experiment gingen andere spielerische Entdeckungen voraus, so sollten die Kinder mit der sehr einfach zu bedienenden Programmierumgebung namens Squeak Etoys (siehe Kapitel 4.2.3) ein Auto gestalten, das sich zunächst gleichförmig bewegt, dann aber konstant beschleunigt.

In diesem Gravitationsexperiment nahmen die Kinder mit Hilfe der Kameras ihrer XO-Laptops den freien Fall einer Kugel auf und analysierten den Film später Bild für Bild. Anschließend fügten sie alle Einzelbilder zusammen und maßen die Strecke, die die Kugel zu unterschiedlichen Zeitpunkten bereits zurückgelegt hatte (siehe Abbildung 4.2). Der *Aha*-Effekt setzte in diesem Fall ein, als die Kinder das zuvor in Squeak gestaltete Objekt eines beschleunigenden Autos vertikal neben den Film der Kugel setzten. Die Kugel

³ PAPERT, Seymour: *Mindstorms*; 2. Auflage. New York: Basic Books, 1993, S. 144.

⁴ THE OPEN MAGNET CHARTER SCHOOL: The Open Magnet Charter School; (URL: <http://www.opencharter.org>), Konsultation: 3. Oktober 2008.

⁵ ALLEN-CONN, BJ und ROSE, Kim: *Powerful Ideas in the Classroom*; Viewpoints Research Institute, Inc., 2003.

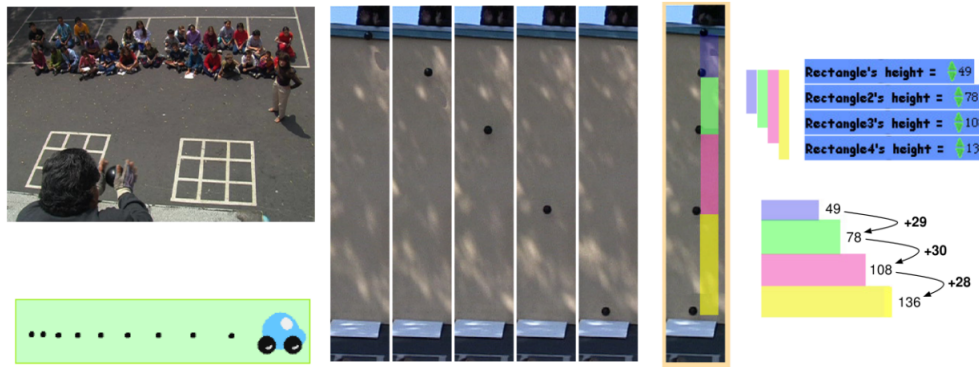


Abbildung 4.2: Dem Geheimnis der Gravitation auf der Spur, Experiment an der Open Magnet Charter School.

beschleunigt im freien Fall genau so wie das modellierte Auto, wobei die Geschwindigkeit, also die zurückgelegte Strecke pro Zeiteinheit, zunimmt. Durch Versuch und Irrtum konnten die Kinder die Gravitationskonstante ermitteln, indem sie an den Parametern ihres modellierten Autos herumspielten. Durch Wiederholung des Versuchs mit anderen Körpern und Materialien stellten die Schüler fest, dass alle Körper unabhängig von ihrer Masse zeitgleich zu Boden fallen, wenn sie von der gleichen Höhe fallen gelassen werden.

4.1.3 Fehlersuche als Lernvorgang

Der Vorgang der Fehlersuche ist in der Informatik bekannt unter dem Terminus *Debugging*. Selbst professionelle Programmierer müssen notgedrungen ihre Software im Laufe der Entwicklung immer wieder gegen die Anforderungen ihrer Auftraggeber testen, um eventuelle Fehler zu beseitigen. Es ist kaum möglich, alle Eventualitäten bereits während des Entwurfs zu berücksichtigen. Besonders fatal sei es, wenn man nur der Planung und der Simulation vertrauen würde, meint der amerikanische Soziologe Richard Sennet. Er erzählt eine wunderbare Anekdote, wie *Computer Aided Design* (CAD) für mehr Probleme sorgen kann als die herkömmliche Arbeitsweisen von Architekten und Bauingenieuren. Er erzählt vom Entwurf, Bau und der Nutzung des Peachtree Centers am Stadtrand von Atlanta in Georgia. Drei Mängel seien am fertigen Produkt zu erkennen gewesen, „die dem computergestützten Design als virtueller Designpraxis ganz generell drohen“:⁶

Der erste Mangel ist die unzulängliche Verbindung zwischen Simulation und Wirklichkeit. Nach dem Plan werden die Straßen des Peachtree Centers von schön gestalteten Straßencafés belebt. Doch der Plan ließ die große Hitze unberücksichtigt, die in Georgia meist herrscht. Tatsächlich bleiben die Außenbereiche der Cafés den größten Teil des Jahres von morgens bis in den späten Nachmittag hinein leer. Simulation ist ein unzureichender Ersatz für

⁶ SENNET, Richard: Handwerk; Berlin: Berlin Verlag, 2008, S. 62.

das unmittelbare *Empfinden* des Lichts, des Windes und der Hitze vor Ort.⁷

Die Architekten hätten dem Diktum Wittgensteins „denk nicht, sondern schau!“ besser gehorcht.⁸ Wittgenstein hatte in seinem Frühwerk „Traktatus Logico-Philosophicus“ versucht, eine Lehre der Sprache und der Philosophie überhaupt aufzustellen – losgelöst und abstrahiert vom zwischenmenschlichen Kontext. Das Frühwerk wurde aufgrund dessen besonders wohlwollend von Technikern und Logikern aufgenommen. Sein Spätwerk, die „Philosophischen Untersuchungen“, unterscheidet sich so radikal von seinem Frühwerk, das Philosophen vom Autor als Wittgenstein I, bzw. Wittgenstein II sprechen. Nach einer Anekdote, die Heinz Zemanek in einer Vorlesung erzählte, soll Wittgenstein auf einer Zugfahrt seinem Kollegen und Mentor Piero Sraffa gegenüber gesessen haben, der eine abfällige Geste vollführte und Wittgenstein bat, sie zu beschreiben. Das Unvermögen, der Bitte nachzukommen, soll der Antrieb gewesen sein, die „Philosophischen Untersuchungen“ zu verfassen, in der er das Bild der Sprachspiele prägte.⁹ Wittgenstein war der Auffassung, dass die Bedeutung eines Wortes erst durch seinen Gebrauch in der alltäglichen Sprache spielerisch entsteht.

Auch Lernen ist ein solches Spiel, ein dynamisches Spiel von Versuch und Irrtum. Wir können von außen betrachtend nicht sagen, ob ein Kind dies oder jenes gelernt hat, bevor es nicht versucht, uns davon zu überzeugen. In diesem Lern- und Lehrspiel ist das Kind einmal Schüler, einmal Lehrer (besser: Erklärer). Der Vorgang der Fehler-suche ist ebenfalls ein solches Spiel. Zunächst muss das Kind durch die Eingabe von veränderten Parametern herausfinden, was der Computer „falsch verstanden“ hat. So hilft das *Debugging-Spiel*, die Sprache des Computers zu verstehen und das Kind lernt, sich in dieser Sprache zu verständigen.

4.1.4 Imitation und Kollaboration

Es wird oft behauptet, dass der Daumen unserer Hand uns erst zum *homo faber*, zum werkzeugherstellenden Menschen mache und uns damit über das werkzeuggebrauchende Tier (*animal laborans*) erhebe. Man kann in der Tat beobachten, wie die Nachkommen höherer Primaten ihre Eltern im Werkzeuggebrauch imitieren, jedoch nie selbst Werkzeug herstellen. Betrachtet man die Ergebnisse des Anthropologen Michael Tomasello und seinen Kollegen, könnte man zu dem Schluss kommen: Nicht der Gebrauch des Daumens, sondern der des Zeigefingers ist die *differentia specifica* des Menschen.¹⁰ In einer Langzeitstudie beobachteten Tomasello und sein Team kleine Kinder im Alter zwischen drei und neun Jahren. Kleine Kinder verlangen nach Zuschauern und Aufmerksamkeit. So zeigen sie beispielsweise auf den Gegenstand, den sie gerade untersuchen und teilen damit dem Auditorium mit, dass dieser Gegenstand von besonderem Interesse sei. Tomasello *et al.* stellten fest, dass Menschen im Gegensatz zu höheren Primaten gemeinsam

⁷ SENNET (2008): Handwerk, S. 62-63.

⁸ WITTGENSTEIN, Ludwig: Tractatus logico-philosophicus. Tagebücher 1914-1916. Philosophische Untersuchungen. Frankfurt am Main: Suhrkamp Taschenbuch Verlag, 1984, PU66, S. 277.

⁹ ZEMANEK, Heinz: Das geistige Umfeld der Informationstechnik; Berlin: Springer-Verlag, 1992, S. 21.

¹⁰ TOMASELLO, Michael: What Makes Humans Unique?; 2008, Helmholtz-Vorlesung an der Humboldt-Universität zu Berlin.

nach einer Lösung suchen, wenn sie auf Probleme treffen. Darüber hinaus versuchen Menschen stets, andere in eine gemeinsame Aktivität einzubinden. Der Mensch sucht die Gemeinschaft, weil er sie wolle und nicht etwa, weil er auf sie angewiesen sei, so Tomasello.

Kollaboration sollte bereits im Vorschulalter gefördert werden, weil die Beschäftigung mit einem gemeinsamen Gegenstand die Kinder ein Objekt in mehreren Dimensionen wahrnehmen lässt. Im Kontext dieser Arbeit soll Kollaboration nicht eine allein zweckgebundene Handlung bezeichnen, sondern auch gemeinsames Spielen, Rechnen oder Zeichnen. Der Begriff Kollaboration sollte daher im Sinne von *Shared Activities* verstanden werden, ganz im Sinne der Entwickler von SugarLabs.

4.2 Konstruktivismus

Der Dialog aus dem Kapitel 4.1.1 stammt von dem Schweizer Psychologen Jean Piaget, der zeitlebens untersuchte, wie der Mensch Dinge versteht. Nach dem ersten Weltkrieg hörte er Vorlesungen von C. G. Jung in Zürich, anschließend studierte er Logik und Entwicklungspsychologie in Paris. Piaget war fasziniert von der Beobachtung, dass die Pariser Kinder allesamt bei Intelligenztests strukturell identische „Fehler“ begingen. Noch faszinierter war er von den Begründungen der Kinder für ihre Lösungen („die Bäume erzeugen den Wind“). Piaget wollte ursprünglich keine Theorie des Lernen und Lehrens aufstellen, sondern erforschen, wie Menschen im Allgemeinen und Kinder im Speziellen ihre Umwelt re-konstruieren. Die Antworten der Kinder zeigten das Vorhandensein kohärenter Modelle, die an sich weder wahr noch unwahr sein können. Für Piaget stand fest, dass Kinder keine leeren Gefäße sind, in die man nach Belieben Wissen einfüllen kann, zumal es nicht einmal sicher sei, ob Wissen überhaupt weitergegeben werden könne. Wissen entstehe im explorativen Geiste, wahres Verstehen komme erst dann zustande, wenn Kinder Theorien von sich aus entwickelt hätten. Richtige, also widerspruchsfreie Theorien werden jedoch erst dann als *wahr* angesehen, wenn sie mit den Theorien des allgemein akzeptierten wissenschaftlichen Kanons konform sind.

Der Konstruktivismus lehrt uns, dass Menschen die sie umgebende Wirklichkeit nur im Rahmen ihrer Möglichkeiten erfassen können. Der Mensch nimmt sich selbst als einen Körper im Raum wahr, er ist sich der Zukunft bewusst; sein Verständnis von Physik ist demzufolge ein raum-zeitliches. Drei räumliche Dimensionen nebst einer zeitlichen Dimension lassen sich gut vorstellen. Doch bei aktuellen physikalischen Theorien mit schwingenden Teilchen, die einen Zugang zu gefalteten Dimensionen besitzen sollen, wobei man sich nicht sicher ist, ob es weitere 7 oder 11 sind, versagt der menschliche Verstand auf der *konkreten* Ebene – auf der *formalen* Ebene der Mathematik kann er mit mehrdimensionalen Objekten spielend umgehen.

Für Alan Kay und Seymour Papert ist der Einsatz von Computern in der Schule die konsequente Umsetzung der Lehren Piagets. Die Kommunikation mit dem Computer findet einerseits auf einer abstrakten Ebene statt, auf der anderen Seite ist der Computer aber auch in der Lage, abstrakte Dinge konkret darzustellen, zu visualisieren. Kay pointiert seine Idee in seiner Vorlesung „doing with images makes symbols“, in der er

beschreibt, wie das Herumspielen mit konkreten (bildlich vorstellbaren) Modellen bei Kindern zu symbolischem Denken führt.¹¹

4.2.1 Konstruktionismus

Jean Piaget war kein Pädagoge, er beschrieb nicht, *wie* man Kinder dazu bringen könne, die Modelle und Theorien der Erwachsenen aus sich selbst heraus zu reproduzieren. Erweitert man den epistemologisch motivierten Ansatz des Konstruktivismus um eine Theorie des Lernens, wird diese konstruktivistische Lerntheorie bzw. Konstruktionismus genannt. Seymour Papert beschreibt den Konstruktionismus in Abgrenzung vom Konstruktivismus folgendermaßen:

Constructionism—the N word as opposed to the V word—shares constructivism’s connotation of learning as “building knowledge structures” irrespective of the circumstances of the learning. It then adds the idea that this happens especially felicitously in a context where the learner is consciously engaged in constructing a public entity, whether it’s a sand castle on the beach or a theory of the universe.¹²

Dieser Lernansatz wird häufig mit dem Schlagwort „learning by making“ verkürzt, aber durchaus treffend, dargestellt. Das Selbermachen, Ausprobieren und Herumspielen mit konkreten Gegenständen führe zur Entwicklung von formalen Theorien, so die Kernthese des Konstruktionismus. Papert ist davon überzeugt, dass der konstruktionistische Lernansatz besonders effizient ist, wenn ein Computer zum Einsatz kommt. Ein Kind, das den Computer bedient, befindet sich in einem permanenten Zustandswechsel: Einerseits ist es ein lernbegieriger Schüler, andererseits findet sich das Kind zusätzlich in der Rolle des Lehrenden wieder. Es könne beispielsweise dem Computer in einer formalen Sprache anweisen, diese oder jene konkrete Handlung auszuführen. Papert entwickelte dazu eine eigene Sprache (LOGO) und sein berühmtes Gedankenexperiment der „Schildkröte“ (*turtle*).¹³ Das Programmiermodell *turtle* kann tatsächlich durch einen Roboter in Schildkrötenform implementiert sein, was die Schüler in die Lage versetzt, den Roboter – und damit das abstrakte Modell –tatsächlich „begreifen“ zu können. Die *turtle* kann einfache Befehle befolgen, sie kann angewiesen werden, eine gewisse Strecke vorwärts zu gehen (FORWARD 100), sich anschließend um 90 Grad im Uhrzeigersinn zu drehen (TURNRIGHT 90), um dann schließlich eine Linie mit bestimmter Länge zu zeichnen (LINE 42). Diese Befehle können sich Kinder, je nach kognitiver Entwicklungsstufe, bildlich vorstellen oder selbst nachspielen. Pädagogen berichten daher sehr oft, dass sie mit einem „Schildkrötenspiel“ beginnen, in dem die Kinder die Rolle der *turtle* einnehmen und einfache LOGO-Befehle ausführen. Die Kinder bewegen sich in der konkreten Ausprägung eines abstrakten Raumes, sie reisen ins *Mathland*. Papert prägte diesen Begriff

¹¹ KAY, Alan: Doing With Images Makes Symbols: Communicating With Computers; Cupertino, 1987a (URL: <http://www.archive.org/details/AlanKeyD1987>), Konsultation: 9. November 2008.

¹² PAPERT, Seymour und HAREL, Idit: Situating Constructionism; (URL: <http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>), Konsultation: 9. November 2008.

¹³ PAPERT (1993): Mindstorms, S. 55.

in Analogie zu einem beliebigen anderen Land. Nicht nur er ist der Auffassung, dass jeder Mensch die gleichen Voraussetzungen besitze, eine Sprache zu lernen, unabhängig von dem Land, in dem er geboren worden ist. Es sei daher unsinnig, so Papert, von einem Schüler zu behaupten, er habe kein Sprachverständnis, nur weil es ihm schwer falle, eine Fremdsprache zu lernen. Der selbe Schüler hätte in einem anderen Land ebenso leicht die entsprechende Muttersprache erlernt. Man solle sich *Mathland* als ein Land vorstellen, in dem nur die Sprache der Mathematik gesprochen wird. Jeder dort geborene und aufwachsende Mensch würde wie von selbst Mathematik sprechen, ohne sie gelernt zu haben.

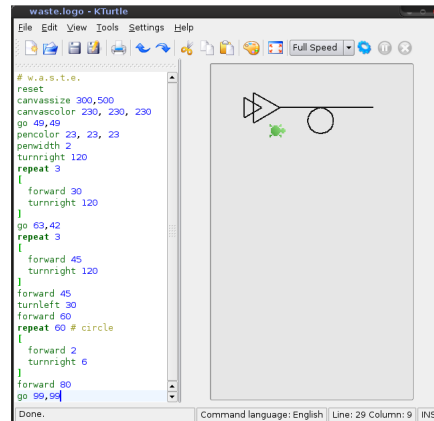


Abbildung 4.3: Die *turtle* zeichnet nach den Vorgaben des Nutzers ein Symbol

Die *turtle* kann somit als Dolmetscherin oder Botschafterin von Mathland gesehen werden. Die abstrakte Variante der Schildkröte besteht in einer Software, die ein Schildkrötensymbol auf dem Bildschirm zeigt, wobei der Befehlssatz dem der konkreten Roboter- bzw. Schülervariante der *turtle* entspricht. Eine Aufgabe für die Kinder kann darin bestehen, bestimmte Figuren nachzuzeichnen, zum Beispiel eine vereinfachte Darstellung einer gestopften Trompete, wie Abbildung 4.3 zeigt. Der Quelltext (im Bild auf der linken Seite) wird dabei von den Kindern erarbeitet.

Die ersten Versuche, eine bestimmte Figur nachzuzeichnen, schlagen oft fehl. In diesem Fall verstehen die Kinder das Versagen aber nicht als einen Mangel ihres eigenen Vorstellungsvermögens, sie betrachten den Fehler als ein Kommunikationsproblem („Die *turtle* hat mich nicht verstanden, weil ich ihr meine Vorstellung nicht gut genug vermitteln konnte“). Der Vorgang des *Debuggings*, der Fehleranalyse, stellt den entscheidenden Mehrwert gegenüber anderen Lernmethoden dar. Schüler, die eine gestellte Aufgabe nicht auf Anhieb umsetzen können, werden nicht von außen als schlechte Schüler stigmatisiert, sondern fühlen sich selbst eher wie schlechte Lehrer. Der Schüler hat das Problem ja verstanden, allein die *turtle* als Schülerin des Schülers nicht.

Bereits in Kapitel 2.4.1 wurden die verschiedenen kognitiven Entwicklungsstufen von Kindern nach Piaget angesprochen. Alan Kay bezieht sich mit seiner Terminologie auf die Theorien des amerikanischen Psychologen Jérôme Bruner, der die Lehren Piagets in Amerika bekannt gemacht hat. Die Stufen der kindlichen Entwicklung sind der Ta-

Alter	Piaget	Bruner	Eigenschaften
0-2	sensomotorisch	handelnd	Erwerb von sensomotorischer Koordination, Objektpermanenz, Gegensatzpaare
2-6	präoperational	handelnd	Spracherwerb, kein Verständnis der Erhaltung von Masse und Länge
6-11	konkret	ikonisch	Verständnis von Negation und Inversion, Längenerhaltung, keine Massenerhaltung
11+	formal	symbolisch	logisches Denken, Aufstellen von Hypothesen, Schlussfolgerungen

Tabelle 4.1: Die Entwicklungsstadien nach Piaget und Bruner

belle 4.1 zu entnehmen. Piaget konnte beobachten, dass Kinder mehrere Entwicklungsstadien durchlaufen, wobei kleine Kinder mit ihrer Umwelt einfach nur interagieren, einfach nur etwas *tun*. Im Alter von sechs Jahren beginnen Kinder, einfache Modelle ihrer Umwelt zu entwickeln, sich also ein *Bild* von ihr machen. Mit elf oder zwölf Jahren schließlich sind Kinder in der Lage, formale Zusammenhänge zu erkennen; aus den modellhaften Bildern sind *Symbole* geworden. Die interessanteste Stufe ist Kay zufolge die ikonische Stufe, da Kinder oft „Gefangene ihrer visuellen Wahrnehmung“ (Kay) sind, was Bruner mit einem einfachen Experiment zeigen konnte.¹⁴ Wird Wasser von einem Behälter in ein schmaleres gegossen, ist die entstehende Wassersäule natürlich höher. Bruner befragte eines der am Experiment teilnehmenden neunjährigen Kinder, welche Menge an Wasser sich im zweiten Behälter befinde und bekam zur Antwort: Mehr als im ersten. Interessanterweise könne man Kinder in eine höhere Phase „katapultieren“ (Kay), wenn das Problem nicht visuell angegangen werde. Verdeckt man das schmalere Gefäß mit einem Blatt Papier und gießt erneut Wasser von dem breiteren Becher hinein, meinen die Kinder korrekterweise, dass die Menge an Flüssigkeit gleich bleiben müsse. Entfernt man das Papier, so sind die Kinder angesichts der höheren Wassersäule erneut davon überzeugt, dass sich in dem schmaleren Gefäß mehr Flüssigkeit befinden müsse.¹⁵ Die Entwicklungsstadien der Kinder sind demzufolge nicht so trennscharf, wie Piagets Untersuchungen vermuten ließen.

4.2.2 ...im Innersten zusammenhält

Der ehemalige Sicherheitsspezialist des OLPC-Projektes Ivan Krstić hielt im Juni 2007 einen Vortrag über Bitfrost und andere Sicherheitsmechanismen im XO-Gerät.¹⁶ Dort ging er auch auf die konstruktionistische Lerntheorie ein und beschrieb, wie die Laptops

¹⁴ KAY, Alan: Doing With Images Makes Symbols: Communicating With Computers; Cupertino, 1987b (URL: http://www.archive.org/details/AlanKeyD1987_2), Konsultation: 9. November 2008.

¹⁵ Das Beispiel findet sich ebenfalls in PAPERT (1993): Mindstorms, S. 166-168.

¹⁶ KRSTIĆ (Juni 2007): One Laptop Per Child.

den Kindern beim Lernen helfen könnten. Als das OLPC-Team 2006 mit der Bitte an ihn herantrat, in einem Jahr 100 Millionen Laptops abzusichern, das Dateisystem umzuschreiben und das Ganze übrigens für sechsjährige Kinder bedienbar zu gestalten, war er sofort einverstanden. Krstić berücksichtigte beim Anpassen der Software für die XO-Geräte die Art und Weise, wie Kinder mit Objekten ihrer Umwelt interagieren. Kinder hinterfragen ihre Umwelt permanent, sie nehmen Gegenstände auseinander, um deren Funktionsweise zu begreifen. Die XO-Geräte unterstützen diesen Lernvorgang durch den Einsatz von Open-Source-Software, die von ihrem Benutzer einfach auseinandergenommen werden kann.

Die Aktivitäten sind in *Python* geschrieben, was den Vorteil hat, dass sich Änderungen am Quelltext unmittelbar auswirken. Die Kinder können laufende Aktivitäten *on the fly* umschreiben, also während die Software ausgeführt wird. Erfahrene Programmierer können jede Software, die im Quelltext vorliegt, an ihre Bedürfnisse anpassen. Im Falle der XO-Laptops sind die Benutzer jedoch weder Programmierer noch erfahren im Umgang mit Software. Das OLPC-Team entschied sich bewusst dafür, jede Änderung an der Software zuzulassen, da ein Kind nur durch Ausprobieren herausfinden kann, welche Auswirkung eine bestimmte Änderung hervorruft. Wie bereits in Kapitel 3.3.2 angesprochen, werden sämtliche Aktivitäten inkrementell gesichert und wenn es gewünscht ist, können die Änderungen auch wieder rückgängig gemacht werden.

Kinder sind nicht destruktiv, wenn sie ihr neuestes Spielzeug auseinandernehmen, sondern im Gegenteil höchst konstruktiv. Sie wollen herausfinden, woraus sich ihr Spielzeug zusammensetzt, sie wollen dessen Funktionsweise re-konstruieren; dieses Verhalten sollte auch im Softwarebereich gefördert werden durch frei zugängliche Quelltexte und durch die Möglichkeit, Programme an die eigenen Bedürfnisse anzupassen. Folgt man der konstruktivistischen Lerntheorie gibt es für den Einsatz von Open-Source-Software keine Alternative.

May The Source Be With You

Die aktuelle Debatte über den Einsatz von Windows XP UP (UP steht für Unlimited Potential) auf den XO-Geräten ist in zweierlei Hinsicht überflüssig.¹⁷ Zum Einen, weil buchstäblich alle angesprochenen Vorteile der XO-Geräte mit dem Einsatz von Closed-Source-Software wegfielen und zum Anderen, weil diese Debatte nicht mit Argumenten, sondern mit Glaubensbekenntnissen geführt wird. Im Verlaufe dieser Diskussion sind zahlreiche Unterstützer aus dem OLPC-Projekt ausgetreten, unter anderem auch Ivan Krstić, der eine zentrale Rolle bei der technischen Entwicklung gespielt hatte. Um es auf den Punkt zu bringen: Durch den Einsatz eines propriäteren Betriebssystems können die Kinder nicht auf den Quelltext zugreifen, weil dieser nicht vorliegt. Die spontane Vermaschung der XO-Geräte untereinander geschieht zwar auf Hardware-Ebene, jedoch ist kein anderes Betriebssystem als Sugar in der Lage, mit dieser Vernetzung sinnvoll umzugehen. Weiterhin ist der Stromverbrauch anzuführen, der mit dem Einsatz von Windows

¹⁷ Eine gute Übersicht über die Debatte bietet [URL: http://www.olpcnews.com/software/windows/](http://www.olpcnews.com/software/windows/), Konsultation: 30. Oktober 2008.

um ein Vielfaches höher wäre – ganz abgesehen davon, dass die Sicherheitsmechanismen von Windows XP UP nicht an die Bedürfnisse von Kindern angepasst sind.

Was kann eine Regierung als Käufer von XO-Geräten also dazu veranlassen, trotz dieser gravierenden Nachteile Windows zu verlangen? Der Marktanteil von Microsoft Windows lag im Oktober 2008 bei über 90 Prozent weltweit, was dieses Betriebssystem zu einem De-Facto-Standard in diesem Bereich macht.¹⁸ Laut einer Studie, die von Microsoft in Auftrag gegeben wurde, entstehen bei dem Einsatz von Computern unabhängig vom Betriebssystem in Schulen Kosten in Höhe von über 2700 US-Dollar, jedoch sei der *Support* von Microsoftprodukten günstiger als der von Linuxsystemen.¹⁹ Aus der selben Studie kann aber auch der Schluss gezogen werden, dass der Einsatz von XO-Geräten lediglich 80 bis 110 US-Dollar an Kosten pro Jahr verursacht.²⁰

Der frühere Chefentwickler der Software des OLPC-Projektes Walter Bender gründete 2007 SugarLabs, die zwar unabhängig von, aber gemeinsam mit OLPC an Sugar arbeiten (siehe Kapitel 3.3.2). In einem Interview sagte er zu der Debatte um den Einsatz von Microsoft XP UP auf den XO-Geräten in Peru:

[...]if the goal of XP on the XO is to reach children who are not being reached by the current program, why are they in Peru instead of somewhere that hasn't been able to do a one-laptop-per-child program due to the alleged inadequacies of GNU/Linux/Sugar? A cynical interpretation of the events would be that Microsoft is more interested in derailing the Peru efforts than building upon them.²¹

Die Auseinandersetzung dreht sich im Kern um die *educational software*, die sowohl im Unterricht eingesetzt als auch von Kindern allein erkundet werden soll. Hierbei muss unterschieden werden, welches Ziel der jeweilige Lehrplan verfolgt. Soll eine Art Medienkompetenz entwickelt werden, sollen also Kinder möglichst früh trainiert werden, Microsoft Office zu bedienen, ist am Einsatz von Windows XP nichts auszusetzen. Die ursprüngliche Idee allerdings war und ist es, eine neue Art des Denkens und der Wissensvermittlung zu etablieren. Die „Show Me The Source“-Taste (⚙) auf der Tastatur eines jeden XO-Gerätes ist dabei ein wesentlicher Bestandteil der konstruktivistischen Lerntheorie, die den XO-Geräten zugrunde liegt. Eine solche Taste wäre jedoch in einer Softwareumgebung ohne vorliegenden Quelltext nutzlos.

¹⁸ NET APPLICATIONS: Operating System Market Share; Oktober 2008 (URL: <http://marketshare.hitslink.com/report.aspx?qprid=8>), Konsultation: 1. November 2008.

¹⁹ VITAL WAVE CONSULTING: Affordable Computing for Schools in India. A Total Cost of Ownership (TCO) Case Study; 2008, S. 2.

²⁰ ANDERSON, Winter und ANDERSON, Tony: Surprise! The XO Laptop TCO is Only 8 Cents Per Hour, (URL: <http://www.olpcnews.com/sales.talk/price/xo.laptop.total.cost.of.ownership.html>), Konsultation: 22. Oktober 2008.

²¹ Interview mit Walter Bender vom 21. September 2008, (URL: <http://www.groklaw.net/article.php?story=20080920181151638>), Konsultation: 23. September 2008.

4.2.3 Squeak Etoys

Die konstruktivistische Lerntheorie wird implizit bereits in der Benutzeroberfläche Sugar umgesetzt. Explizit zum Programmieren aufgefordert werden die Kinder von der Programmierumgebung Squeak Etoys. Genauer betrachtet, ist Squeak eine Programmiersprache, wohingegen Etoys eine Anwendung zum Programmieren in Squeak darstellt. Kinder sollen spielend an das Programmieren herangeführt werden, indem sie keinen Quelltext schreiben, sondern auf dem Computerbildschirm direkt mit Objekten spielen, die sie auch selbst gezeichnet haben.

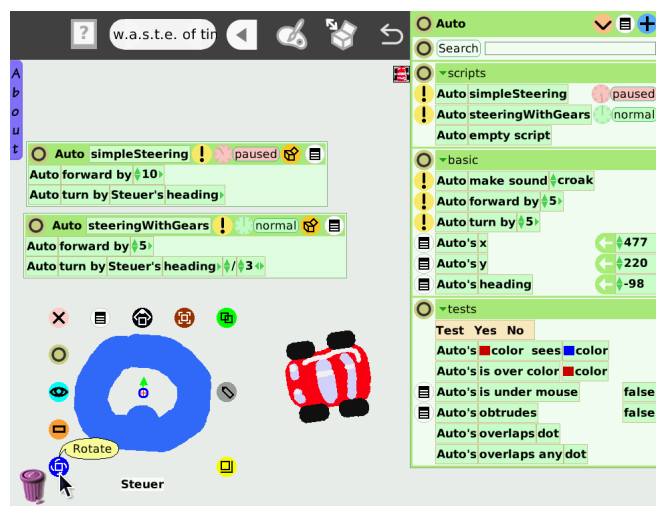


Abbildung 4.4: Etoys vermischte Programmierumgebung, Ausgabe und Spiel.

Squeak wurde 1996 in den Apple Computer's Research Labs von den Xerox-PARC-Veteranen Dan Ingalls, Ted Kaehler und Alan Kay veröffentlicht. Squeak war ursprünglich nicht als *educational software* im Rahmen eines Lehrplans gedacht, sondern sollte Kinder unabhängig von der Schule ermutigen, sich mit dem Programmieren zu beschäftigen. Alan Kay schreibt auf der Website squeakland.org:

Most traditional cultures haven't set up schools, nor have they needed to. Children are set up by nature to learn the world around them by watching adult activity and playing imitation games. Most of the important things concerning what it means to be a member of a traditional culture and how to make a living in it are out in the open enough for children to learn through imitative play.²²

In der Etoys-Umgebung sollen Kinder spielend einfach programmieren lernen. Einfach bedeutet in diesem Sinne nicht, dass der Befehlssatz der zugrunde liegenden Programmiersprache nicht umfangreich wäre, sondern dass der Vorgang des Programmierens mit

²² KAY, Alan: Background On How Children Learn; 2003 (URL: http://squeakland.org/content/articles/attach/how_children_learn.pdf), Konsultation: 9. November 2008.

dem des spielerischen Ausprobierens zusammenfällt, Quelltext und sichtbares Ergebnis sind identisch. Die Bausteine von Squeak Etoys sind Objekte, die ähnlich der *turtle* von Papert eine Position, Richtung (*heading*) und meistens auch eine Geschwindigkeit besitzen. Durch Verknüpfung von zwei Objekten, beispielsweise der Richtung eines Steuerers mit der Richtung eines Autos lernen Kinder implizit, was Variablen sind (*Auto turn by Steuer's heading / 3*).

Für Kay, Papert und Negroponte bedeutet Programmieren lernen: Denken lernen – eine Ansicht, die nicht von jedem geteilt wird.

4.3 Kritik am Einsatz von Computern in der Bildung

Die gemeinnützige Organisation *Alliance for Childhood* betrachtet den Einsatz von Computern in der Bildung als entwicklungshemmend. In zahlreichen Aufsätzen und einem einstündigen Dokumentarfilm berichten Experten über negative Einflüsse, die das moderne Leben in der Großstadt auf die körperliche und seelische Entwicklung der Kinder ausüben kann.²³

Das Spielerische der kindlichen Handlungen werde durch Computer ungenügend unterstützt, an dessen Stelle trete die Förderung von formalistischen Weltbildern und mechanisierten Denkprozessen. Dies gebe Anlass zur Sorge:

Increasingly, schools are pushing young children prematurely into sedentary, abstract academic work—narrowly conceived “brain” work—wired to the most advanced information technologies that the schools can afford. This approach neglects the actual cognitive needs of children, as well as their emotional and sensorimotor needs.²⁴

Die *Alliance of Childhood* führt zur Zeit eine Studie durch, die belegen soll, dass die intellektuellen Fähigkeiten eines erwachsenen Menschen sich besser entwickeln, wenn er in der Kindheit stabile emotionale Bindungen und eine lebhafte Phantasie besaß, die er auch ausleben konnte.²⁵ Das kindliche Vorstellungsvermögen werde durch den Einsatz von Computern unterdrückt, meint die *Alliance for Childhood*. Man dürfe Kinder nicht darin bestärken, das abstrakte Denken vorzeitig mit Hilfe übermächtiger Computer zu erlernen.

In Kapitel 4.2.1 wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Computer in der Tat eine Hilfe sein kann, abstraktes Denken zu visualisieren und damit zu konkretisieren. Alan Kay hat in seinem Beispiel mit den verdeckten Gläsern gezeigt, dass abstraktes Denken bei jungen Kindern oft im Verborgenen liegt, jedoch an die Oberfläche treten kann, wenn der stärkere Einfluss des Visuellen beseitigt wird. In anderen Fällen kann das Interesse

²³ ALLIANCE FOR CHILDHOOD: What We are Doing and Who We Are; [URL: http://www.allianceforchildhood.net/](http://www.allianceforchildhood.net/).

²⁴ ALLIANCE FOR CHILDHOOD; CORDES, Colleen und MILLER, Edward (Hrsg.): Fool's Gold. A Critical Look at Computers in Childhood; 1999, S. 8.

²⁵ Diese Studie wird von Jan Drucker und Barbara Schecter vom Sarah Lawrence College Child Development Institute durchgeführt. Es gibt bislang noch keine Veröffentlichung dazu.

gerade durch Visualisierung geweckt werden, wie das Beispiel der fallenden Kugel aus Kapitel 4.2 zeigt.

Seymour Papert beschreibt im Vorwort von *Mindstorms*, wie er selbst komplexe physikalische Vorgänge in sein ganz persönliches „Zahnrad-Modell“ überführte, um sie verstehen zu können. Ganz im Sinne Piagets betont Papert, dass man Kinder keine externen Modelle aufzwingen solle, sondern im Gegenteil die Kinder ermutigen müsse, ihre eigenen Modelle zu entwickeln und zu verbessern, sie also darin bestärken solle, ihrer Imagination und Intuition zu vertrauen. Der Computer kann ein sinnvolles Mittel darstellen, die intuitiven Modelle zu verbessern, zu visualisieren und nicht zuletzt, sie zu *debuggen*. Paperts eigenes Modell mit den Zahnrädern ist wahrscheinlich der Grund für die fundamentale Kritik der *Alliance of Childhood* an ihm:

Seymour Papert, co-founder of the Artificial Intelligence Laboratory at the Massachusetts Institute of Technology, has been particularly influential in promoting the use of computers by young children. But such an emphasis seems designed for training children to think in ways that appear more mechanistic than childlike.²⁶

Allein die Herkunft von Papert (das Massachusetts Institute of *Technology*) offenbare seine technisierte Sicht. Lässt man die Missverständnisse beiseite, die aus der mangelnden Unterscheidung von Technologie und Technik im Englischen – beides wird unter dem Begriff *technology* zusammengefasst – entstehen, so bleibt doch eine fundamentale Kritik bestehen: Das Kind benutzt den Computer nicht als Werkzeug, sondern wird nur als ein weiteres angeschlossenes Peripheriegerät vom Computer benutzt. Kinder können nun einmal nicht zwischen (eigenem) menschlichen Denken und maschinellen Operationen unterscheiden.²⁷ Die Alliance for Childhood drückt mit ihrer Kritik eine ähnliche Sorge aus, die bereits Papert selbst thematisierte. Auch er propagiert Piagetisches Lernen ohne aufgesetzte Modelle, daher erscheint mir der Vorwurf in Richtung Papert ungerechtfertigt.

Die Sorge, dass der Unterschied zwischen menschlichem Denken und maschinellen Operationen von vielen nicht wahrgenommen wird, ist nicht unberechtigt, da auch gebildete Erwachsene „dummen“ Maschinen eine Art von Intelligenz unterstellen. Joseph Weizenbaum programmierte 1966 ein Sprachanalyseprogramm namens Eliza, das mit dem sogenannten DOCTOR-Skript weltberühmt wurde.²⁸ Mit Hilfe dieses Programms konnten sich Mensch und DOCTOR „unterhalten“. Der menschliche Gesprächspartner gab über eine Tastatur Sätze ein, die der Computer analysierte. So entstand die „Parodie einer Unterhaltung“ (Weizenbaum) mit einem fiktiven Psychiater. Weizenbaum wollte mit diesem Programm zeigen, dass der Computer eben nicht den Sinn einer Unterhaltung verstehen kann, sondern nur einzelne Teile der Eingabesätze paraphrasiert. Eine einfache Unterhaltung kann folgendermaßen aussehen:

²⁶ ALLIANCE FOR CHILDHOOD (1999): Fool’s Gold, S. 19.

²⁷ Ebda., S. 20.

²⁸ WEIZENBAUM, Joseph: ELIZA – A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man And Machine. in: Communications of the ACM 1966.

SAK Ich muss eine Diplomarbeit schreiben.
 LIZ Warum musst Du eine Diplomarbeit schreiben?
 SAK Wenn ich das nur wüsste!
 LIZ Versuchs einfach.
 SAK Aber ich habe nicht so viel Zeit.
 LIZ Das ist schön. Ich habe eine Menge albernere Antworten.
 SAK Nein, ich meinte, ich habe keine Zeit!
 LIZ Die Zeit heilt alle Wunder!
 SAK Unser Gespräch fing doch so gut an.
 LIZ Alles Gute im Leben ist entweder ungesetzlich, unmoralisch, oder es macht dick. Oder wie siehst Du das?
 SAK Hast Du Dir das ausgedacht?
 LIZ Ich glaube ich habe Dir das ausgedacht, aber der Botmaster hat vielleicht an meinen Dateien herumgefummelt.
 SAK Ich muss jetzt leider weiterschreiben.
 LIZ Ups, ich war gerade in meiner kleinen Welt und habe von Gummibärchen geträumt. Sage das bitte nochmals!!! Warum musst Du jetzt weiter schreiben? Heisst das jetzt Hallo oder Tschüss?
 SAK Das heißt: Tschüss!
 LIZ Erzähl mir mehr.
 SAK Nee, keine Zeit! Bis zum nächsten Mal.
 LIZ Die Zeit heilt alle Wunder! Ich freu mich drauf!²⁹

Ein Chat-Bot kann Sätze nur auf syntaktischer Ebene verarbeiten, er analysiert und paraphrasiert die Benutzereingaben oder ergänzt sie um ein paar zuvor einprogrammierte Satzbausteine („Ups. . .“). Dass die Ausgabe solcher Programme so wirken kann, als sitze am anderen Ende der Leitung ein anderes Vernunftwesen, bestreitet Weizenbaum nicht. Als er jedoch menschliche Gesprächspartner darüber aufklärte, dass es sich nur um ein Programm aus wenigen Zeilen Code handele, erwartete er, dass die Illusion aufgehoben würde. Das Gegenteil war jedoch der Fall:

Ich konnte bestürzt feststellen, wie schnell und wie intensiv Personen, die sich mit DOCTOR unterhielten, eine emotionale Beziehung zum Computer herstellten und wie sie ihm eindeutig menschliche Eigenschaften zuschrieben.³⁰

Diese Zuschreibung blieb auch trotz des Wissens um die Künstlichkeit von Eliza, bzw. DOCTOR bestehen. An dieser Stelle können wir mit Seymour Papert die Kraft des *Debuggings* beobachten. Wie an obigem Beispiel festzustellen ist, patzt das Chat-Programm einige Male und die Illusion, dass man es mit einem menschlichen Gesprächspartner zu

²⁹ Chat mit einem Eliza-Bot auf (URL: <http://www.denkwerkzeuge.ch/>) am 20. September 2008. Man beachte die Rechtschreib- und Grammatikfehler auf Seiten des Chat-Bots.

³⁰ WEIZENBAUM, Joseph: Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft; Suhrkamp Taschenbuch Verlag, 1978, S. 19.

tun habe, wird für einen Augenblick aufgehoben. Doch gerade diese Fehler sagen sehr viel über die Struktur unserer Sprache aus, die formale Grammatik wird durch den Computer konkret und bekommt so beispielsweise für Kinder erst dadurch einen Sinn. Papert berichtet in *Mindstorms* von einem in der Nähe von Boston durchgeführten Schulprojekt für Siebtklässler, in dem die Schüler Computer anweisen sollten, Poesie zu produzieren. Dazu sollten sie den Computer aus einem Pool von Wörtern etwas auswählen lassen, so dass er mehr oder weniger sinnvolle Sätze zusammensetzen konnte, in der Art von „**mad wolf hates because insane wolf skips**“. Dabei entwickelten die Schüler ein System der Klassifikation von Wörtern, ohne dass man sie darum gebeten hatte. Papert schreibt über eine dreizehnjährige Schülerin namens Jenny:

She [Jenny] certainly didn't see any way in which grammar could help talking, nor did she think her talking needed any help. Therefore she learned to approach grammar with resentment. And, as is the case for most of us, resentment guaranteed failure. But now, as she tried to get the computer to generate poetry, something remarkable happened. She found herself classifying words into categories, not because she had been told she had to but because she needed to. In order to "teach" her computer to make string of words that would look like English, she had to "teach" it to choose words of an appropriate class. What she learned about grammar from this experience with a machine was anything but mechanical or routine. Her learning was deep and meaningful.³¹

Die letzten beiden Sätze belegen erneut, dass Papert mitnichten das mechanistische Denken fördern will. Etwas nur zu verstehen und etwas erklären zu können sind zwei verschiedene Dinge. Wissen wird oft implizit erlangt, meist durch simples Ausprobieren. Sobald einem Computer etwas „erklärt“ werden soll, muss dieses implizite Wissen explizit ausgedrückt werden. Erklärtes Ziel des Konstruktivismus ist, dass Kinder eine vermittelnde und lehrende Rolle einnehmen, um selbst ein besseres Verständnis von der zu lernenden Materie zu erreichen.

4.4 Lehrende Kinder an lernenden Computern

Es ist interessant zu beobachten, dass Kinder, die früh mit Computern in Kontakt gekommen sind, in eine lehrende Rolle fallen und versuchen, anderen Kindern und Erwachsenen das soeben Erlernte beizubringen. Wenn Kinder im Unterricht ihrer *turtle* beibringen sollen, sich so oder so zu verhalten, müssen sie den Computer lehren, dieses oder jenes zu „begreifen“ und umzusetzen. Dieser permanente Zustandswechsel von lernendem Schüler zu lehrendem Programmierer und zurück, durchbricht das klassische Paradigma, nach dem ein Schüler stets passiv das Wissen aufzunehmen hat, als gäbe es eine physische Entität Wissen, die von einem Geist zum anderen transferiert werden kann. Die Sorge, dass mit dem Einzug des Computers in das Klassenzimmer auch eine Mechanisierung des Denkens einhergeht, ist ernst zu nehmen, aber unberechtigt, wenn

³¹ PAPERT (1993): *Mindstorms*, S. 49.



Abbildung 4.5: „Komm schon, Alter, kannst den Laptop ruhig anfassen, der beißt nicht!“

es sich nicht um eine Förderung der *computer literacy*, sondern um den Einsatz von Computern zur Förderung von Bildung im Sinne Seymour Paperts handelt.

But can young children really differentiate between their own human thinking and the powerful operations of a machine? Is it even fair to impose such a task upon them? Computers are the most sophisticated thinking tools ever designed. They were developed with adult bodies, as well as adult mental capacities, in mind.³²

Die Kritik zielt darauf ab, dass Computer und vor allem deren Software von Erwachsenen für Erwachsene, genauer für arbeitende Erwachsene, konzipiert wurde. Kinder sollen in erster Linie Kinder sein und nicht zu kleinen Arbeitern erzogen werden. Im Kapitel 4.2.1 über den Konstruktivismus wurde bereits beschrieben, dass es nicht darum gehen dürfe, Kinder zu Software-Benutzern zu erziehen, sondern stattdessen die Kreativität der Kinder dadurch zu fördern, dass sie die Software verstehen und selbst schreiben sollen. Squeak Etoys und LOGO deuten die Art und Weise an, wie das Programmieren erfolgen sollte: Spielerisch.

Durch den Umgang mit LOGO und der sogenannten *turtle* erkennen Kinder die wahren Machtverhältnisse von Computern und Menschen. Die Berechnungsvorgänge der Maschine sind *powerful* im Sinne von leistungsstark. Der Verstand des Menschen ist jedoch nicht nur leistungsstark, sondern auch mächtig in dem Sinne, dass er völlig neue Gedanken aus dem Nichts heraus entwickeln kann. Maschinen sind nicht unintelligent, sie sind a-intelligent. Der Begriff *intelligente Software* stellt eine Kurzform für die Beschreibung von Software als Produkt eines intelligenten Wesens dar, die das Verhalten von mehr oder weniger intelligenten Wesen simulieren soll.

Im oben genannten Zitat ist die Rede von *adult mental capacities*, also von mentaler Aufnahmefähigkeit erwachsener Menschen. Der Philosoph Gareth Matthews konnte

³² ALLIANCE FOR CHILDHOOD (1999): Fool's Gold, S. 20.

zeigen, dass auch sehr junge Kinder im Alter zwischen drei und sieben Jahren durchaus philosophische Bemerkungen äußerten, die „erwachsener“ Natur waren, wie „I don’t think everything is a dream, ‘cause in a dream people wouldn’t go around asking if it was a dream“.³³

Philosophieren brauche Zeit, die ein Erwachsener in Lohn und Brot nur selten übrig habe, so Matthews und weiter, Kinder besäßen Zeit im Überfluss. Auch Lernen benötigt Zeit, wenn es im Sinne eines verstehenden Lernens im Gegensatz zum Auswendiglernen verstanden wird. Gebildete Erwachsene begehen oft den Fehler, (An-)Gelerntes mit Verstandenen zu verwechseln. Daher sind herkömmliche Lehrpläne weder geeignet, Kindern zu helfen, zu einem tieferen Verständnis zu gelangen, noch dazu, Computer zur Förderung des Lernens einzusetzen. Der Einsatz von Geräten wie dem XO-Laptop des OLPC-Projektes ist daher nur sinnvoll in Kombination mit neuen Lern- und Lehransätzen.

³³ MATTHEWS, Gareth; ZALTA, Edward N. (Hrsg.): The Philosophy of Childhood; Boston, 2005
(URL: <http://plato.stanford.edu/entries/The%20Philosophy%20of%20Childhood>), Konsultation: 23. Oktober 2008.

5 Fallstudien und Evaluationen

Den Höhepunkt der medialen Aufmerksamkeit erreichte das OLPC-Projekt mit Sicherheit im Jahr 2007, in dem die ersten XO-Geräte ausgeliefert wurden. Ursprünglich sollten die Pilotprojekte in sechs großen Staaten durchgeführt werden, namentlich Argentinien, Brasilien, Libyen, Nigeria, Pakistan und Thailand. Das Team um Nicholas Negroponte hoffte, dass kleinere Staaten diesem Beispiel folgen würden. Tatsächlich gab es außer beeindruckenden Presse- und Fototerminen jedoch keine konkreten Zusagen. Da das OLPC-Projekt keine kommerziellen Interessen verfolgt und die XOs nicht um der Geräte Willen verkaufen möchte, verliefen die Gespräche ergebnislos.

In der zweiten Hälfte des Jahres 2007 richtete OLPC seine Aufmerksamkeit auf kleinere Länder, um dort Pilotprojekte zu starten. Uruguay war das erste Land, das die Laptops für 100 000 seiner Grundschüler orderte – die Maschinen stellten das fehlende Puzzlestück für ein uruguayisches *eLearning*-Projekt namens CEIBAL dar. Unter *eLearning* werden die Formen des Lernens verstanden, die durch digitale Medien unterstützt werden, sei es während des Unterrichts oder durch die Bereitstellung von digitalen Lern- und Lehrmaterialien. Direkt im Anschluss an die Bestellung Uruguays meldete sich die Peruanische Regierung zu Wort und orderte sogar 240 000 Geräte. Uruguay und Peru bilden somit die Referenzprojekte von OLPC, aber auch in den Vereinigten Staaten wurden auf private Initiativen hin kleinere Projekte gestartet.

OLPC ist nach eigenen Angaben eine Vereinigung, die keine kommerzielle Interessen besitzt. Leider muss auch festgestellt werden, dass sie ebensowenig wissenschaftliche Ziele verfolgt: es existieren bisher keine Evaluationen der Pilotprojekte, zumindest nicht vom OLPC-Team selbst. Ein sinnvolles Forschungsobjekt könnte daher der Entwurf von Evaluationen sein, was aber nicht Gegenstand dieser Arbeit ist.

5.1 Das CEIBAL Projekt

Das *eLearning*-Projekt wurde am 14. Dezember 2006 von der Regierung in Uruguay unter dem Namen „Proyecto de Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea (CEIBAL)“ gegründet. Es soll eine grundlegende Informations- und Kommunikationstechnik (Informática Básica) bereitstellen, um eine internetgestützte Lehre (Aprendizaje en Línea, eLearning) zu ermöglichen. Uruguay möchte dafür bis Ende 2009 an alle 100 000 Kinder im Grundschulalter sowie an deren Lehrerinnen und Lehrer kostenlos Laptops verteilen.¹

CEIBAL bezieht darüber hinaus ausdrücklich die Eltern der Grundschulkinder in das Projekt mit ein. In einer Broschüre werden Eltern und Lehrkräften die Ziele vorgestellt.

¹ PLAN CEIBAL: Portal Ceibal; (URL: <http://www.ceibal.edu.uy>), Konsultation: 2. November 2008.

CEIBAL soll:

- einen Beitrag zur besseren Vermittlung von Informations- und Kommunikationstechniken in der Schule und im Elternhaus leisten,
- die Chancengleichheit aller Grundschulkinder fördern,
- die Zusammenarbeit und Vernetzung Kind-Kind, Kind-Lehrer, Lehrer-Lehrer und Kind-Familie-Schule entwickeln,
- die Literation der Bevölkerung vorantreiben und ein Mittel für die Aufklärung sein,
- Bildung auch im Elternhaus zu thematisieren.²

Für das Pilotprojekt an der „Schule Nr. 24“ in Villa Cardal wurden alle 135 Schüler und deren Lehrer mit XO-Geräten des OLPC-Projektes ausgestattet. Einige Monate später besuchten Juan Pablo Hourcade der Universität Iowa und sein Team die Schule, um Schüler und Lehrer zu befragen.

Die Aktivitäten, mit denen sich die Viertklässler am liebsten beschäftigten, waren: Nutzung des Internets, Foto- und Videoaufnahmen, Spielen und Zeichnen. In Bezug auf die Internetnutzung schreiben Hourcade *et al.*:

In terms of Internet use, the children said they enjoyed looking for information, sending email messages, playing games, and uploading pictures and text to the school blog. In spite of all this Internet activity, when we asked the children if they ever accessed materials from outside Uruguay or emailed someone in another country, only one child responded affirmatively. This was disappointing since Proyecto Ceibal aims to broaden children's view of the world in order to better prepare them to successfully compete in the global economy.³

Die Enttäuschung der Autoren über die sporadische Nutzung des *World Wide Web* ist angesichts der Tatsache, dass Kinder das Internet als Publikations- und Kommunikationsmedium nutzen, unverständlich. Nicht die faktische Nutzung des Internets, sondern die Möglichkeit der Nutzung ist, genau wie die Kommunikation mit anderen, direkt per *eMail* oder indirekt über die Veröffentlichung eigener Meinungen vermittels eines Blogs, ein entscheidendes Moment für den erfolgreichen Ausgang aus einer selbstverschuldeten Unmündigkeit.

Erfreulich ist, dass sich die Befürchtungen, Kinder würden sich mit ihren Maschinen zurückziehen und ihre sozialen Kontakte vernachlässigen, nicht bewahrheiteten. Im Gegenteil:

When one of the children got to do something before other children, a small crowd would form around the child's computer. Children were particularly interested in seeing how other children got to complete tasks they were having

² UNESCO; CYRANEK, Günther (Hrsg.): CEIBAL en la sociedad del siglo XXI; Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 2007, S. 126.

³ HOURCADE, Juan Pablo et al.: Early OLPC Experiences in a Rural Uruguayan School; in: CHI 2008 Proceedings – alt.chi; ACM, April 2008, S. 2505.

difficulty completing themselves, as well as seeing content of interest that another child found (e.g. a new web-based game).⁴

Die in der Studie befragten Lehrer äußerten sich weitgehend positiv über den Einsatz der Computer an ihrer Schule. Selbst die Lehrkräfte, die zunächst große Zweifel äußerten, bemerkten einen positiven Einfluss der Laptops auf die Schüler. Die Motivation, eigene Texte zu verfassen oder fremde Texte zu lesen, sei viel höher als ohne die Geräte. Darüber hinaus hatten die Schüler Zugriff auf eine größere Textsammlung als bei Nutzung der schuleigenen Bibliothek. Die Distribution von physischen Schulbüchern ist um einiges schwieriger als das Kopieren eines *eBooks*. Einfacher ist das Kopieren jedoch nur in technischer Hinsicht, rechtlich ist es fraglich, ob Schulbuchverlage OLPC und seinen in der Idee verwandten Projekten digitale Bücher ohne Einschränkungen zur Verfügung stellen werden. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Schüler durch den Einsatz der XO-Laptops motivierter sind, ihre Hausaufgaben zu erledigen und sich über die Unterrichtszeit hinaus mit dem Schulstoff beschäftigen.



Abbildung 5.1: Ein Mädchen mit ihrem XO-Laptop.

5.2 Teaching Matters

Teaching Matters ist eine nichtkommerzielle US-amerikanische Organisation, die sich zum Ziel gesetzt hat, öffentliche Schulen durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken zu fördern. Sie wurde 1994 von Lehrern, Technikexperten und Vertretern der Wirtschaft gegründet und hilft Schulen, Lehrpläne aufzustellen, die die Entwicklungen im Bereich der neuen Medien berücksichtigen.

Im Februar 2008 begann ein Pilotprojekt mit XO-Geräten an der New Yorker Schule Kappa IV in Harlem, das inzwischen abgeschlossen und evaluiert wurde.⁵ Im letzten

⁴ HOURCADE et al. (April 2008): Early OLPC Experiences in a Rural Uruguayan School, S. 2508.

⁵ LOWES UND LUHR (2008): Teaching Matters OLPC Pilot.

Drittel des aktuellen Schuljahres wurden die Geräte an Sechstklässler verteilt. Die Laptops wurden im Fach Englische Literatur eingesetzt und die Schüler durften die Geräte auch mit nach Hause nehmen. Darüber hinaus fand ein Vergleich mit herkömmlichen Laptops statt. In diesem Zusammenhang wurde untersucht, ob die Schüler die verschiedenen Geräte (XO und Laptop) unterschiedlich nutzten und wie teuer der tatsächliche Einsatz in Schulen jeweils war.

Im direkten Vergleich ließen sich drei bemerkenswerte Verhaltensweisen feststellen:

The first and most important ramification was that students used the XOs more than they used the laptops, which means they spent more time doing research, wrote more, revised more, and published more. The second ramification was that the students took much more responsibility for the XOs than they did for the laptops, which means that they did not begin work only to find there were missing parts or that the battery was dead. And a third ramification was that the students were less likely to lose their work, not only because they always used the same machine but also because the XO has an automatic save feature that takes the user back to where he/she left off. Because of this, the students felt that they did not spend nearly as much time searching for, saving, moving, or reconstructing previous work as they did when working on the laptops.⁶

Der größte Kritikpunkt betraf nicht die XOs selbst, sondern die Internetverbindung. In der Schule waren bestimmte Seiten gesperrt, unter anderem *YouTube* und *MySpace*, die gerade für den sogenannten *User Generated Content* die wichtigsten Plattformen darstellen, und zu Hause verfügten nur die wenigsten Elternhäuser über WLAN. Da mit Hilfe der XO-Laptops bei entsprechender Verteilung der Geräte eine komplette Netzwerkinfrastruktur geschaffen werden kann, wie bereits in Kapitel 3.1.1 beschrieben worden ist, setzten die Kinder den Zugang zu XO-Geräten mit dem Zugang zum Internet gleich.

Über die Hälfte der befragten Eltern wären auch bereit gewesen wären, sich an den Kosten der Geräte zu beteiligen, wenn dies nötig wäre, da sie einen unmittelbaren Vorteil in den Geräten sahen.⁷ Viele Eltern beschrieben, dass ihre Kinder für Referate und Hausaufgaben sehr viel mehr recherchierten und schrieben, als das bisher der Fall gewesen war.

⁶ LOWES UND LUHR (2008): Teaching Matters OLPC Pilot, S. 2.

⁷ Ebda., S. 14.

6 Zusammenfassung

Nicht die Ursachen der sogenannten Digitalen Spaltung sind technischer Natur, sondern ihre Ausprägungen. Im Kontext einer technisierten und technologisierten Welt ist der Zugang zu IuK-Techniken gleichbedeutend mit dem Zugang zu Informationen über die Welt, daher ist der *Digital Divide* auch und gerade ein moralisches Problem. Die Einteilung der Menschheit in zwei oder mehrere Klassen darf der aufgeklärte Weltbürger nicht hinnehmen.

Der allgemeine Wille, die bestehende Ungerechtigkeit zu überwinden, kommt in den acht Millenniumszielen der Vereinten Nationen zum Ausdruck. Die dort beschriebenen Probleme und Herausforderungen hängen zwar eng miteinander zusammen, dennoch besteht meines Erachtens die Hoffnung, mit dem Erreichen nur eines Zieles alle anderen greifbar zu machen. Die Förderung von Bildung ist der notwendige erste Schritt: Der gebildete Mensch erfasst die Probleme, der bildende Mensch besitzt die Möglichkeit, sie zu beseitigen. Die Bedeutung einer Primärschulbildung für alle kann gar nicht überbewertet werden.

Über den Weg, diese Primärschulbildung zu garantieren, kann und darf gestritten werden. Nicholas Negroponte betrachtet die Methode des OLPC-Projektes als eine provisorische Lösung, die parallel zum Bau von Schulgebäuden und zur Ausbildung von Lehrkräften vorangetrieben werden soll. Er kritisiert nicht den etablierten Frontalunterricht *per se*, sondern die Abhängigkeit des Lernenden von einem Lehrer. In ländlichen Gebieten können interessierte und engagierte Kinder auch ohne Lehrer oder Schulmaterialien mit Hilfe der XO-Laptops dennoch etwas lernen, da sie als Benutzer der Geräte automatisch untereinander vernetzt sind und somit die Möglichkeit besitzen, lehrreiche Informationen auszutauschen.

Um dem Befehl *vernetzt euch!* als Neuformulierung des Kantischen *sapere aude!* Folge leisten zu können, müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein. Die von den XO-Geräten benötigte technische Infrastruktur kann von den Laptops und seinen Besitzern selbst bereitgestellt werden. Der niedrige Energieverbrauch der Geräte und die Möglichkeit, die benötigte Energie durch Muskelkraft zu erzeugen, machen den Laptop unabhängig von Stromleitungen. Die Geräte bilden zudem im Verbund ein mobiles Ad-Hoc-Netzwerk mit Hilfe von WLAN, so dass die einzelnen *Peers* untereinander kommunizieren können. Wenn ein *Peer* mit dem Internet verbunden ist, können alle anderen ebenfalls darauf zugreifen, weshalb die Geräte auch unabhängig von Datenleitungen sind.

In dieser Arbeit wurde ebenfalls untersucht, ob technische Geräte mehr schaden als nutzen können, betrachtet man beispielsweise die anfallenden Berge an elektronischem Abfall in Entwicklungsländern. Technische Geräte beeinflussen die kulturelle Entwicklung eines Landes oder einer Gemeinschaft nachhaltig, so dass die Frage zu beantworten ist, ob diese Entwicklung als Fortschritt bezeichnet werden darf.

Welchen Einfluss der Einsatz von Computern zur Förderung von Bildung besitzt und welche kritischen Vorwürfe entkräftet werden müssen, wurde in Kapitel 4 betrachtet. Kinder sind bereits im Grundschulalter durchaus in der Lage, kohärente Modelle ihrer Umwelt zu entwickeln, wie Jean Piaget am Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts und später Jérôme Bruner zeigen konnten. Vor dem Hintergrund dieser Beobachtungen entwarf Alan Kay 1972 das *Dynabook*, das formales Denken bei jüngeren Kindern fördern sollte, indem sie programmieren lernen sollten. Seymour Papert beschrieb zehn Jahre später in seiner Konstruktivismus genannten Lerntheorie, dass Kinder ein tiefes Verständnis der Vorgänge ihrer Umwelt genau dann entwickeln, wenn sie die Vorgänge von sich aus analysieren und rekonstruieren.

In der Analyse zweier Fallstudien stellte ich dar, dass die Kinder das beschriebene Potential von IuK-Technik im Allgemeinen und das der XO-Laptops im Speziellen auch tatsächlich nutzen. In Uruguay wurden die Geräte beispielsweise dazu benutzt, ein öffentliches Schulblog zu erstellen, das die Gemeinschaft der Kinder sichtlich stärkte. Generell ließ sich feststellen, dass die Motivation der Kinder, am Unterricht teilzunehmen und Hausaufgaben zu machen, stieg, wenn sie dabei die Laptops benutzen durften. Eltern und Lehrkräfte, die dem Einsatz skeptisch gegenüberstanden, bekundeten in beiden Fallstudien eine spürbare Freude der Kinder am Lernen. Davon abgesehen gibt es vielen ländlichen Gegenden keine Bibliothek, was den Zugang zu Lern- und Lehrmaterialien zu einer Herausforderung macht. Elektronische Bücher und die entsprechenden Lesegeräte könnten diesen Zugang erleichtern oder sogar erst ermöglichen. Die XO-Laptops des OLPC-Projektes sind nicht zuletzt *eBook reader* und könnten den Mangel an Büchern ausgleichen, wenn es politisch gewollt ist.

Die Erfahrungsberichte der Fallstudien sind nicht objektivierbar, eine wissenschaftliche Evaluation des Einflusses moderner Techniken auf die Bildung steht noch aus. Ich habe versucht, in dieser Arbeit zu zeigen, dass Computer das Potential besitzen, die Bildung in Entwicklungsländern, aber nicht auf sie beschränkt, zu fördern und dass der vernetzte Mensch eine einfache Möglichkeit besitzt, öffentlich von seiner Vernunft Gebrauch zu machen.

Enough said.

Let's just do it!

Abbildungsverzeichnis

2.1	Guiyu beheimatet das größte Elektroschrott-Recyclinggebiet in China. (Foto von Rainer Rehak)	12
2.2	Dynabook: Alan Kays Vision von 1972. (Grafik aus KAY, 1972)	15
2.3	Das Logo des One Laptop Per Child-Projektes.	16
3.1	DakNet: Schema.	19
3.2	Netz, aus weiten Maschen bestehendes Gestrück. (Aus LUEGER, 1904) . .	21
3.3	Funknetzwerktopologie	23
3.4	Der XO-1 des OLPC-Projektes.	25
4.1	Das kühne Weltbild des Anaximander. (3D-Grafik von Roland Kubica) . .	31
4.2	Gravitationsexperiment der Open Magnet Charter School. (Fotos aus ALLEN-CONN, 2003)	33
4.3	Die <i>turtle</i> zeichnet nach den Vorgaben des Nutzers ein Symbol	37
4.4	Etoys vermischt Programmierungsumgebung, Ausgabe und Spiel.	41
4.5	„Komm schon, Alter, kannst den Laptop ruhig anfassen, der beißt nicht!“. (Zeichnung aus UNESCO, 2007)	46
5.1	Ein Mädchen mit XO-Laptop. (Foto aus UNESCO, 2007)	50

Literaturverzeichnis

- Allen-Conn, BJ** und **Rose, Kim** Powerful Ideas in the Classroom; Viewpoints Research Institute, Inc., 2003.
- Alliance for Childhood; Cordes, Colleen** und **Miller, Edward (Hrsg.)** Fool's Gold. A Critical Look at Computers in Childhood; 1999.
- Bernath, Peter** The spectroscopy of water vapour: Experiment, theory and applications; in: Physical Chemistry Chemical Physics, 2002, S. 1501–1509.
- Coulouris, George, Dollimore, Jean** und **Kindberg, Tim** Verteilte Systeme. Konzepte und Design; München: Pearson Studium, 2005.
- Daly, Elizabeth** und **Haahr, Mads** Social Network Analysis for Routing in Disconnected Delay-Tolerant MANETs; ACM, 2007.
- Hourcade, Juan Pablo et al.** Early OLPC Experiences in a Rural Uruguayan School; in: CHI 2008 Proceedings – alt.chi; ACM, April 2008, S. 2503–2511.
- International Telecommunication Union** World Information Society Report 2007; Genf: United Nations Conference on Trade and Development, 2007 (URL: http://www.itu.int/osg/spu/publications/worldinformationsociety/2007/WISR07_full-free.pdf).
- Jonas, Hans** Das Prinzip Verantwortung; Frankfurt am Main: Suhrkamp Taschenbuch Verlag, 1984.
- Kant, Immanuel** Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung; Berlin: Akademie Ausgabe Band VIII, 1912, S. 33–42.
- Kay, Alan** A Personal Computer for Children of All Ages; Boston: ACM National Conference, 1972.
- Kay, Alan** Doing With Images Makes Symbols: Communicating With Computers; Cupertino, 1987a (URL: <http://www.archive.org/details/AlanKeyD1987>).
- Kay, Alan** Doing With Images Makes Symbols: Communicating With Computers; Cupertino, 1987b (URL: http://www.archive.org/details/AlanKeyD1987_2).
- Kay, Alan** Background On How Children Learn; 2003 (URL: http://squeakland.org/content/articles/attach/how_children_learn.pdf).

- Kirk, Geoffrey S., Raven, John E. und Schofield, Malcolm** The Presocratic Philosophers; 2. Auflage. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- Krstić, Ivan** One Laptop Per Child; Juni 2007, Video und Transkript des Vortrags [URL: http://www.olpctalks.com/ivan_krsti/ivan_krstic_open_source_summit.html](http://www.olpctalks.com/ivan_krsti/ivan_krstic_open_source_summit.html).
- Krstić, Ivan und Garfinkel, Simson** Bitfrost: the one laptop per child security model; in: SOUPS '07: Proceedings of the 3rd symposium on Usable privacy and security; New York: ACM, 2007, S. 132–142.
- Liu, Cong und Wu, Jie** Scalable Routing in Delay Tolerant Networks; ACM, 2007.
- Lowes, Susan und Luhr, Cyrus** Evaluation of the Teaching Matters One Laptop Per Child (XO) Pilot at Kappa IV; New York City: Institute for Learning Technologies, 2008.
- Lueger, Otto** Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften; Band 6, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1908.
- Luhmann, Niklas** Die Realität der Massenmedien; 3. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2004.
- Matthews, Gareth; Zalta, Edward N. (Hrsg.)** The Philosophy of Childhood; Boston, 2005 [URL: http://plato.stanford.edu/entries/The%20Philosophy%20of%20Childhood](http://plato.stanford.edu/entries/The%20Philosophy%20of%20Childhood).
- Papert, Seymour** Mindstorms; 2. Auflage. New York: Basic Books, 1993.
- Papert, Seymour und Harel, Idit** Constructionism; Norwood: Ablex Publishing Corporation, 1991.
- Pentland, Alex, Fletcher, Richard und Hasson, Amir** DakNet: Rethinking Connectivity in Developing Nations; IEEE Computer Society, 2004.
- Puckett, Jim et al.** The Digital Dump. Exporting Re-use and Abuse to Africa; Seattle: The Basel Action Network, 2005 [URL: http://www.ban.org/Library/TheDigitalDump.pdf](http://www.ban.org/Library/TheDigitalDump.pdf).
- Sennet, Richard** Handwerk; Berlin: Berlin Verlag, 2008.
- Steinmetz, Ralf und Wehrle, Klaus (Hrsg.)** Peer-to-Peer Systems and Applications; Berlin: Springer Verlag, 2005.
- UNESCO; Cyranek, Günther (Hrsg.)** CEIBAL en la sociedad del siglo XXI; Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 2007.
- United Nations** The Millennium Development Goals Report 2005; New York, 2005a.

- United Nations** United Nations Conference on Trade And Development (UNCTAD) Handbook of Statistics; 2005b [⟨URL: http://www.bpb.de/files/4LK77T.pdf⟩](http://www.bpb.de/files/4LK77T.pdf).
- United Nations** The Millennium Development Goals Report 2007; New York, 2007.
- United Nations** The Millennium Development Goals Report 2008; New York, 2008.
- Vahdat, Amin und Becker, David** Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks; Durham: Duke University, 2000.
- Weizenbaum, Joseph** ELIZA – A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man And Machine. in: Communications of the ACM 1966.
- Weizenbaum, Joseph** Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft; Suhrkamp Taschenbuch Verlag, 1978.
- Wittgenstein, Ludwig** Tractatus logico-philosophicus. Tagebücher 1914-1916. Philosophische Untersuchungen. Frankfurt am Main: Suhrkamp Taschenbuch Verlag, 1984.
- world summit on the information society** Geneva Declaration of Principles; 2003 [⟨URL: http://www.itu.int/wsis/docs/geneva/official/dop.html⟩](http://www.itu.int/wsis/docs/geneva/official/dop.html).
- Zemanek, Heinz** Das geistige Umfeld der Informationstechnik; Berlin: Springer-Verlag, 1992.