

Bauanleitung einer digitalen Fibel von und für ihre Schüler.

Daniel D. Hromada¹ and Paul Seidler Nikoloz Kapanadze

Abstract: In diesem Workshop-Beitrag beschreiben wir vier physische Eigenschaften eines digitalen Bildungsinstruments für Grundschüler, das als digitale Fibel bezeichnet wird. Diese sind: buchähnlich, voluminös, einzigartig und modular. Darüber hinaus zählen wir handelsübliche Bauteile auf, aus deren Kombination die digitale Fibel-Prototypen der ersten Generation konstruiert werden können, und zeigen, wie jede(r) motivierte Lehrer(in) oder Schüler(in) der Sekundarstufe II eine eigene Kopie der digitalen Fibel anfertigen kann.

Keywords: digitale Fibel; buchähnliches Gerät; Make Your Own Device; MYOD

1 Digitale Fibel

Dieser Artikel ist der zweite in einer Reihe von sechs Artikeln, welche die Konstruktion erster Prototypen einer Familie von digitalen Bildungsinstrumenten beschreiben, die wir als “Digitale Fibel“ (DF) bezeichnen. Aufbauend auf den Prinzipien der instrumentellen kognitiven Verbesserung von R. Feuerstein [Fe06], und inspiriert von [Ka11; St98] ist die DF ein IT-gestütztes Bildungsinstrument, das darauf abzielt, die Vorteile und Möglichkeiten digitaler Technologien für die Bildung von Grundschulern zu nutzen, insbesondere für den Erwerb grundlegender Lese- und Schreibfähigkeiten (d.h. Lesen, Schreiben, Rechnen und informatisches Denken).

Der Anhang dieses Artikels enthält eine Liste von 23 Eigenschaften, die eine idealisierte DF verkörpern soll. In unserem vorherigen Artikel [Hr19] wurde der Schwerpunkt auf vier “kognitive“ Aspekte der Fibel und ihre Beziehung zu kindlichen Benutzern gelegt. Dort - wie auch in Bezug auf die Nachhaltigkeit digitaler Schulen [Hr] - wurde die Motivation vorgestellt, warum die DF als zirkadianes Gerät (Eigenschaft 8) konzipiert werden sollte. Daneben wurden die Gründe, warum die DF “sprachbasiert“ (Eigenschaft 16), “narrativ“ (Eigenschaft 17) und “gewohnheitdisruptiv“ (Eigenschaft 12) sein sollte, näher beschrieben.

Das Hauptziel dieses Artikels ist es, den motivierten Lehrern oder Studenten zu ermöglichen, eine eigene Variante der Fibel selbst herzustellen, welche die hier beschriebenen fundamentalen morphologische Eigenschaften hat.

¹ Einstein Center Digital Future and Faculty of Design of Berlin University of the Arts (dh at udk-berlin dot de)

2 Morphologische Eigenschaften

Morphologische Eigenschaften beziehen sich auf die physische Konstitution, Form und Erscheinung der DF. Wir zählen nun vier morphologische Kriterien auf, die ein DF-ähnliches Gerät oder Artefakt erfüllen sollte. Eine besondere Priorität liegt auf den ersten beiden Eigenschaften (“buchähnlich“ und “voluminös“): Sollten diese nicht erfüllt sein, würden wir das resultierende Gerät nicht als digitale Fibel bezeichnen.

Die beiden zweiten (“modular“ und “einzigartig“) haben geringfügige Priorität, d.h. es ist möglich, sich Produktion und den Einsatz von DFs vorzustellen, welche diese Kriterien nicht erfüllen.

2.1 Buchähnlich (erste Eigenschaft)

Die erste Eigenschaft einer digitalen Fibel ist, dass sie entweder “buchähnlich“ ist, d.h. die DF sieht aus wie ein klassisches gedrucktes Buch, oder “eingebunden“ ist d.h. sie ist physisch in einen Buchumschlag eingebettet. Die erste Eigenschaft impliziert, dass die DF:

1. reflektiertes und nicht emittiertes Licht (d.h. E-Ink und nicht LED oder OLED) verwendet, um Inhalte anzuzeigen
2. im Idealfall aus mehreren Blättern besteht, die beidseitig gelesen werden können und mit speziellen Bindetechniken zusammengebunden werden
3. neben dem Innenbereich, indem sich der Inhalt befindet, auch mit einer äußeren Vorder- und Rückseite ausgestattet ist und mit einer weiteren Schutzstufe (z.B. einem “Schutzumschlag“) versehen werden kann.
4. ein standardisiertes Format (z.B. A5) hat, das es erlaubt, es leicht in vorhandenen Wearables (z.B. Schultaschen) mitzuführen und in vorhandenem Mobilar (z.B. Bücherregalen) zu lagern oder zu archivieren

Indem die DF buchähnlich ist, bietet sie den Schülern eine Art Brücke zwischen der Welt der digitalen Medien und der Welt der Bücher. Im Sinne von McLuhans Grundsatz “das Medium ist die Botschaft“ [Mc11; Mc94], zielt die Form der DF darauf ab, die Affinität der Schüler zu Büchern zu erhöhen und ihre Kompetenzen im Umgang mit gedruckten Medien zu fördern. Indem man versucht, das digitale Artefakt mit dieser ersten Eigenschaft auszustatten, kann man auch sofort auf eine Fülle von Wissen und technologischen Nuancen zurückgreifen, die die Typographie und das Buchmacher- und Buchbinderhandwerk bereits in vorgutenbergischer Zeit zu sammeln begann.

Wir sind davon überzeugt, dass ein Zusammenspiel zwischen der Tradition des Buchmachens und den modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) die Bildungstechnologien hervorbringen kann, die auf dem gegenwärtigen IKT-Markt nicht vorhanden sind.

2.2 Voluminös (zweite Eigenschaft)

Da es sich bei Büchern um voluminöse dreidimensionale Artefakte handelt, impliziert eine strenge Auslegung der ersten Eigenschaft, dass die DF auch ein voluminöses Artefakt sein muss. Dies mag überraschend erscheinen, insbesondere angesichts der Tatsache, dass die Miniaturisierung von Leiterplatten, die Litographie von CPUs und anderen ICT-Komponenten es den Designern ermöglicht, sehr leistungsstarke Rechengерäte zu entwickeln, die ultradünn und so flach sind, dass sie - aus der Perspektive eines menschlichen Benutzers - als zweidimensional betrachtet werden können. Darüber hinaus scheint die Dicke der Geräte für so viele Verbraucher ein so wichtiges Auswahlkriterium zu sein, dass es die Evolution der Mobil-ICT-Märkte beeinflusst.

Volumen kann jedoch immer noch nützlich sein. Wie bereits Euler [Eu41] bekannt war, sind viele Probleme, die im zwei dimensionalem Raum unlösbar sind, im drei dimensionalem Raum leicht lösbar. Abgesehen von theoretischen Überlegungen kann die Gestaltung von Bildungsinstrumenten, die nutzbares Volumen aufweisen, weitere Vorteile bringen:

1. Die Verwendung eines dreidimensionalen Objektes gibt uns als DF-Ingenieure mehr Spielraum für die Handhabung von Energieumwandlungs- und Wärmeproblemen.
2. Das Äußere eines voluminösen Objekts bietet mehr als 2 Ebenen, auf denen der Inhalt angezeigt werden kann.
3. Ein voluminöser Gegenstand kann als Gefäß dienen, d.h. Dinge in seinem Inneren enthalten / tragen.

Somit kann die DF mehr als ein E-Book-Reader mit Vorder- und Rückendisplay: Die DP kann Inhalte (z.B. Schülernamen) auch auf einer 3. Ebene anzeigen, die sich auf dem "Buchrücken" befindet. Die Schüler sind zudem eingeladen, das Innere der DF als eine Art Federtasche zu benutzen und darin Werkzeuge mitzuführen, die sie während ihrer Schulpraxis benötigen (Stift, Papier, Lineal, Gummi, Zirkel) oder Sensoren und Peripheriegeräte der DF, die angeschlossen werden können.

Im Falle einer DF im A5 Format mit 3 cm Dicke, dessen eine Hälfte mit DF-Komponenten belegt ist (siehe Abschnitt 3), steht einem noch 465 cm^3 zur Verfügung. Diese könnten z.B. mit 12 Platten von 4mm dicken Solarpaneelen mit einer Größe von jeweils $100 \times 70 \text{ mm}$ gefüllt werden, die, wenn sie von den Lernenden herausgenommen und entfaltet werden, bis zu 12W Strom liefern könnten. Unter optimalen Bedingungen reicht dies völlig aus, um die DF1.0 komplett mit Sonnenenergie zu betreiben.

Oder, im extremsten Fall, kann man sich vorstellen, dass das Volumen einer DF die Komponenten enthält, die entweder als Ersatzteilreservoir oder zur Erstellung einer DF-Kopie verwendet werden könnten.

2.3 Modular (dritte Eigenschaft)

Der Zwang zur Modularität impliziert, dass eine idealisierte DF als ein ganzheitlicher, “mehr als die Summe ihrer Teile“ Komplex aus einem erweiterbaren Satz lose gekoppelter Komponenten zu verstehen ist. Anders ausgedrückt, es sollte für den Schüler, der die DF konstruiert, möglich sein, verschiedene Komponenten in verschiedenen Konstellationen zu verbinden und neu zu positionieren.

Somit können bestimmte Grenzen der verwendeten Technologie und Protokolle (z.B. I2C für die Sensor-Controller-Kommunikation) überwunden werden, indem ein Satz von Sensoren im laufenden Betrieb durch einen anderen Satz von Sensoren ersetzt werden kann. Zusätzlich könnte die Langlebigkeit der *DF als Entität*, durch das Ersetzen von defekter Komponente mit einer Kopie der gleichen Komponente (oder ihrer aktualisierten Variante), gewährleistet werden.

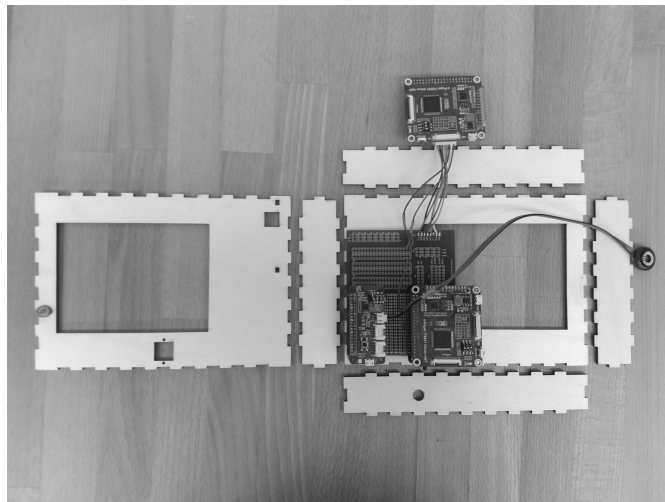


Abb. 1: Prototyp der Digitalen Fibel inmitten des Bauprozesses.

2.4 Einzigartig und Anpassungsfähig (vierte Eigenschaft)

Im Idealfall sollte die DF eine digitalisierte Version der individualisierten Förderung, in einem recht radikalen Sinn anbieten. Konkret soll die Individualisierung nicht nur auf der Ebene einer adaptiv lernenden Software ², die es im Idealfall jedem Lernenden ermöglicht,

² In unseren zukünftigen Artikeln und dazugehörigem Code werden wir das kooperative & adaptive Lernen (Eigenschaft 10) näher erläutern.

seinen eigenen Lernweg in seinem eigenen Tempo zu verfolgen, sondern auch auf der Hardware-Ebene stattfinden.

So vertritt eine Befürworter(in) der vierten Eigenschaft die Ansicht, dass jede DF-Instanz von einer individuellen menschlichen Autor(in) als ein einzigartiges Artefakt konzipiert werden muss, das an die Bedürfnisse einer einzelnen Schüler(in) angepasst wird, um die Rolle eines effizienten Bildungsinstruments zu erfüllen.

Anders ausgedrückt bedeutet diese vierte Eigenschaft, dass die Lernenden, die das Instrument benutzen, nicht nur die Möglichkeit haben sollten, das Aussehen und die Formen des Instruments zu manipulieren d.h an der Fibel herumzubasteln, sondern auch dazu aufgefordert und belohnt werden sollten, wenn sie dies tun.

3 Prototype 1

Dieser Abschnitt beschreibt die Hauptbestandteile des Prototyps 1.0 der DF.

3.1 Hardware

Die Hauptrecheneinheit von der DF1.0 ist ein Raspberry Pi Zero WH. Die Wahl eines relativ großen Pi Zero ist prinzipiell durch den niedrigen Preis, den kleinen Formfaktor (65 mm x 30 mm x 5 mm) und den geringen Energieverbrauch motiviert. Mit einem 512 MB DDR2-Ram und einer 1 GHz CPU mit ARM11-Architektur sind die rechnerischen Fähigkeiten von Zero für die auszuführenden Aufgaben, einschließlich der Erzeugung visueller Inhalte, des adaptiven Lernens sowie der domänenspezifischen automatischen Spracherkennung, immer noch höchst ausreichend. Sollte das Projekt anfänglich durch die Limitierungen des PI begrenzt werden, so ließe sich mit einer zukünftige Aufrüstung der Hardware eine Leistungssteigerung erzielen.

Neben Pi Zero integriert DF1.0 Funktionen, die von folgenden Standardkomponenten angeboten werden:

1. 6-Zoll-E-Ink-Display (800x600px) mit IT8951-Controller mit <1s voller Bildwiederholrate
2. ReSpeaker-Doppelmikrofon-Erweiterungskarte mit WM8960 Stereo-Audio-Codec und Grove I2C-Anschlüssen
3. Grove I2C-Gestenerkennungssensor (PAJ7620U2) für berührungslose Interaktion
4. wittyPi3 für Takt, Spannung & Strommessung und Implementierung von zirkadianen Boot- und Shutdown-Sequenzen

Die Audioausgabe wird durch einen 1W 8 Ohm Audiowandler erzeugt, der das E-Ink-Display, an das er angeschlossen ist, zum Vibrieren bringt.

Die Komponenten zur Stromversorgung bestehen aus einer Batterie, einer USB-Ladeschaltung und einem 5V-Linearregler, um eine stabile Spannung zu gewährleisten. Selbst bei der Ausführung komplexer Aufgaben verbraucht Raspberry Pi Zero WH etwa 250mA, so dass eine 2500mAh-Batterie für mindestens 10 Stunden Betrieb ausreicht.

Alle Komponenten sind auf unserer eigenen Leiterplatte angebracht ³dessen Verwendung nicht obligatorisch ist und ein großer Teil der Kernfunktionalität der DF kann durch Anbringen oder Verlöten der oben genannten Komponenten an PiZero's GPIO-Pins erreicht werden.

3.2 Hülle

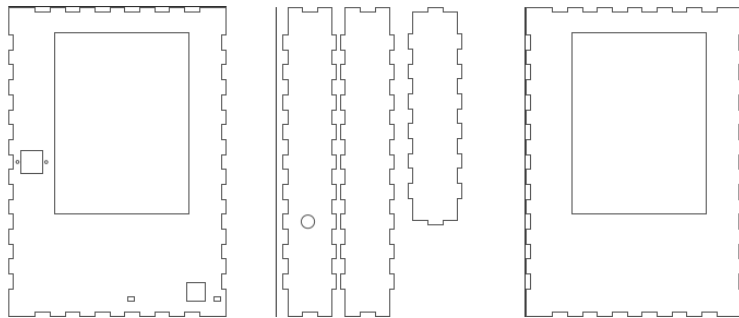


Abb. 2: Skizzenentwurf eines Prototyps der Digitale Fibel v1.0 im A5-Format, mit zwei E-Ink Displays, Gestenerkennungssensor und 2-Mikrofon-Array.

Wie aus den Skizzen in Abbildung 1 hervorgeht, befindet sich die DF1.0 in einer rechteckigen Holzkiste im Format A5 mit einer Dicke von 3 cm. Der Rand jeder Ebene ist von zahnähnlicher Fingerzinkung umgeben, deren Verzahnung die dreidimensionale Struktur nach dem Zusammenbau verstärkt. Der Kasten selbst, einschließlich der Fingerzinkung, kann mit Online-Tools (z.B. [makercase.com](https://www.makercase.com)) leicht parametrisiert und mit Hilfe von Open-Source-Vektorbildbearbeitungssoftware (z.B. [Inkscape](https://inkscape.org/)) an den Zweck einer individuellen DF angepasst werden.

Bei DF1.0 wurden aus 3 mm dickem Pappelholz mit einem Laserschneider einzelne Ebenen ausgeschnitten und anschließend mit Leim und Schrauben zusammengesetzt. Danach wurde ein Solarpanel auf der Rückseite der Box angebracht und mit der Ladeschaltung verbunden.

³ PCB-Designdateien (Eagle, Gerber) befinden sich im PCB-Ordner des Hauptverzeichnis des Digital Primer Projektes auf [github](https://github.com).

Der letzte Schritt der Montage der DF1.0 bestand darin, ihren Rücken - wiederum mittels klassischer Techniken der Buchbinderei ,d.h hier durch aufbringen von Leim - auf einem Harteinband (A5-Format, hier einem älteren Lexikon entnommen) zu befestigen. Als letzte Schutzschicht wird der Einband mit einem entsprechenden Schutzumschlag versehen.

Nach der Montage wird die DF an die Schüler ausgehändigt und die erste Unterrichtsstunde kann beginnen.

3.3 Software

Als ein Bildungsinstrument, das im Geiste der DIY-'Make Your Own Device'-Philosophie gebaut wurde, implementiert DF keinen proprietären Code. Das derzeitige Betriebssystem ist Raspbian Stretch, was aber höchstwahrscheinlich in Zukunft von einer angepasste Linux-Distribution Yocto ersetzt wird.

Python-3-Code, der didaktischen Inhalten generiert, die Kommunikation mit Multiple-E-Ink-Displays kontrolliert und den Sensor zur Gestenerkennung sowie Mikrofone integriert, ist - ab sofort - in unserem github-Repository ⁴ verfügbar.

Der Code kann bereits heute zur Durchführung von Leserechtschreibschwierigkeitendiagnostik mittels einer sogenannten "Berliner Digitale LeseProbe"(vgl. Skript bdlp.py)⁵ verwendet werden, die auch als Tandemspiel von zwei Schüler(innen) gespielt werden kann. Durch diese vorhandene Grundlage gestaltet sich eine Erweiterung des Codes mit Übungen für Schreiben oder Grundrechenarten recht unkompliziert.

Im Idealfall könnte jede Lehrer(in), die in der Lage ist, einen Texteditor zu benutzen, ihre eigene Lektion - oder sogar komplexere Lehrpläne - zusammenstellen, indem sie bestehende Funktionen mit unterrichtsspezifischen Audio-Bild-Text-Inhalten kombiniert.

4 From 1.0 to 2.0

In den kommenden Monaten planen wir eine Erweiterung der DF mit einem rein lokalen (offline) übungsspezifischen Spracherkennungssystem, einer Flash-Card-ähnlichen adaptiven Lernheuristik zur automatischen Erzeugung der neuen Lernaufgaben und der Möglichkeit, LoraWAN zu nutzen, um Hausaufgaben/Übungsergebnisse an Schule zu übermitteln.

⁴ <https://github.com/hromi/Digital-Primer>

⁵ <https://github.com/hromi/Digital-Primer/blob/master/bdlp.py>

5 Annex - Spezifikationen der digitalen Fibel (Version 2)

Diese Liste von Spezifikationen enthält 23 Eigenschaften einer idealisierten digitalen Fibel.

1. buchähnlich: sieht aus wie ein Buch und hat viele Eigenschaften eines Buches
2. voluminös: ist keine flache, quasi zweidimensionale Fläche, sondern ein dreidimensionales Objekt, das andere Objekte enthalten kann
3. modular: Es gibt mehrere Module, die miteinander verdrahtet und neu verbunden werden können, um einen ganzheitlichen "Mehr-als-Summe-Effekt" zu erzielen.
4. einzigartig und anpassungsfähig: jede Fibel kann von der Schüler(in) anders gebastelt werden
5. robust: kann fallen gelassen, geworfen oder getreten werden und bei verschiedenen Wetterbedingungen aktiv sein
6. bilateral: 2 komplementäre Computing Platforms; 2 Mikrofone (Ohren); 2 E-Paper Displays symmetrisch verteilt auf beiden Innenseiten der Fibel
7. umweltbewusst: Kenntnis der eigenen Position in Zeit und Raum, Kenntnis des umgebenden Wetters, der Umwelt, der Feuchtigkeit durch Sensorik usw.
8. zirkadian und CRON-gesteuert: die Betriebsarten unterscheiden sich je nach Tageszeit; der Gebrauch während bestimmter Zeiten wird bestraft [z.B. während der Schulzeit]; nachts ist das Artefakt überhaupt nicht betriebsbereit, morgens kann es den Eltern helfen, das Kind aufzuwecken
9. launisch: Das Artefakt hat Stimmungen, die nicht völlig deterministisch sind und das Verhalten des Artefakts beeinflussen
10. wählerisch: das Artefakt bevorzugt bestimmte Interaktionsmodi mehr als andere [Handschrift ist präferierter als Tastatur; lange Sätze präferierter als kurze usw.]
11. kooperativ: auf Wunsch kann DF dem Kind bei der Lösung eines bestimmten Problems (z.B. Hausaufgaben in Mathematik) helfen, indem gezeigt wird, wie analoge Probleme gelöst werden; vgl. das ultimative Prinzip des Montessori-Ansatzes: "HILF MIR ES SELBST ZU TUN"
12. verhaltensorientiert, einschränkend und disruptiv: Interaktionen [richtige Antworten, Erlernen neuer Fähigkeiten usw.] mit DF werden mit einer Erweiterung der Nutzungsmöglichkeit des Artefakts belohnt; andererseits wird unreflektierte Interaktion bestraft (vgl. Syndrom von Spechtus Generalis oder Swipus Digitalis); dies kann zur Störung oder zum Ersatz von anderswo erworbenen Gewohnheiten führen
13. spielerisch, meta-spielerisch und lustig: enthält Spiele und soll dem Kind ermöglichen, neue Spiele zu entwickeln; enthält eine Witz-Datenbank und/oder eine Witz-Generierungsmaschine

14. mnemonik: Das Artefakt behält ein "Protokoll" über das, was vor sich geht [Positionen, Interaktionen mit dem Kind]
15. multimodal: fördert Input und Output durch viele kommunikative Modalitäten
16. sprachbasiert: besondere Gewicht gelegt auf Spracherkennung, Sprachsteuerung und Sprachsynthese
17. erzählerisch: der Standardmodus präsentiert die Lehrinhalte anhand märchenhafter Geschichten
18. cybertextuell und enzyklopädisch: jedes Wort, Bild oder jeder Ausdruck kann zu weiteren Informationen führen
19. online-offline: Das Artefakt kann nur zu Zeiten online gehen, die vom Lehrer ausdrücklich genehmigt wurden.
20. geschützt: keine Kommunikation mit dem Internet ohne ausdrückliche Genehmigung der Erziehenden (Eltern oder Lehrer). DF ist kein "Smart"-Handy !
21. skriptbasiert: die Lehrer(in) kann sogenannte "Spielbücher" in die DF der Schüler eintragen - dies ermöglicht es den DF, bestimmte Verhaltensweisen zu bestimmten Zeiten auszuführen(c.f. <https://github.com/ansible/ansible>)
22. Auge-zu-Auge: erleichtert die Interaktion von Auge-zu-Auge zwischen Schülern und Lehrer(in) (oder dem Avatar des Lehrers)
23. avatarisiert: der Lehrer(in)-Avatar kann auch dann konsultiert werden, wenn die echte Lehrer(in) nicht verfügbar ist

Literatur

- [Eu41] Euler, L.: *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*. *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, S. 128–140, 1741.
- [Fe06] Feuerstein, R.; Feuerstein, R. S.; Falik, L.; Rand, Y.: Part II, Practical applications of the Instrumental Enrichment Program. In: *Creating and enhancing cognitive modifiability: The Feuerstein Instrumental Enrichment Program*. ICELP Publications, 2006.
- [Hr] Hromada, D. D.: Circadian and eutark reduction of the energy trace of a digital school. *Synergie*/7, Universität Hamburg, S. 74–75.
- [Hr19] Hromada, D. D.: After smartphone: Towards a new digital education artefact. *Enfance*/3, Presses Universitaires de France, S. 345–356, 2019.
- [Ka11] Kay, A. C.: A personal computer for children of all ages. In: *Proceedings of the ACM annual conference*-Volume 1. 2011.
- [Mc11] McLuhan, M.; Gordon, W. T.; Lamberti, E.; Scheffel-Dunand, D.: *The Gutenberg galaxy: The making of typographic man*. University of Toronto Press, 2011.
- [Mc94] McLuhan, M.: *Understanding media: The extensions of man*. MIT press, 1994.
- [St98] Stephenson, N.: *The diamond age*. Penguin UK, 1998.