

● **Mathematik lernen im Internet — eine philosophische Betrachtung vom Standpunkt moderner Erkenntnistheorie**

Reinhard Oldenburg, Göttingen

Das Internet als Lernumgebung kann mit philosophischen Theorien analysiert werden, die zwar ursprünglich zur Beschreibung von Erkenntnisleistungen in herkömmlichen Umgebungen entwickelt wurden, aber in ihren fundamentalen Aussagen universell sind. Besonders die evolutionäre Erkenntnistheorien und die naturalisierte Erkenntnistheorie nach W.v.O. Quine sind geeignet Kriterien zu entwickeln, mit denen Internet-Lernumgebungen kritisch bewertet werden können.

1 Einleitung

Im Sinne intellektueller Redlichkeit sollte ein Autor die Motive seiner Arbeit offen legen. Im vorliegenden Falle liegt das Motiv in der Beobachtung des mittlerweile intensiven Einsatzes des Internet quer durch das Fächerspektrum des Schulunterrichts. Nach meiner subjektiven Einschätzung bleibt der dauerhafte Lernertrag dabei aber oft hinter den Hoffnungen zurück. Dies deckt sich mit meiner Selbstbeobachtung bei Lernprozessen. Ich nutze das Internet intensiv für Literaturrecherchen, als Nachschlagequelle und zum Download von Dokumenten, Programmen etc. Trotz mehrerer Versuche ist es mir aber bisher noch nicht gelungen, mir substantielle mathematische Inhalte aus dem Internet online neu anzueignen. Da ich aber auch ein intensiver Computernutzer bin und vieles mit neuen Medien (vor allem CAS) gelernt habe, unternimmt dieser Aufsatz den gewagten Versuch, von philosophischen Betrachtungen zu einer Erklärung dieses Sachverhaltes zu kommen. Gleichzeitig sollen Kriterien bestimmt werden, durch die sich die Möglichkeit sinnvollen Lernens abstecken lässt.

Die hier vorgestellten Theorien führen vor allem zu Vorbehalten gegen das Internet als Unterrichtsmedium im Schulunterricht. Nicht oder wenig von der Kritik betroffen sind:

- Internet als Plattform der Veröffentlichung von Schülerprodukten,
- Internet als — kritisch zu sehende — Faktenquelle,
- Internet als Quelle von Anregungen (z.B. Applets),
- Universitärer Einsatz.

2 Evolution

Evolutionäres Denken ist m.E. für Didaktiker essentiell, da es klar macht, dass alles Wissen hypothetischer Natur ist. Dies führt zu einer pragmatischen Sicht, die sowohl einer praxis-orientierten Wissenschaft als auch der praktischen Lehre ein tolerantes Gesicht verleiht.

Es gibt in der Literatur verschiedene Auffassungen über die Mechanismen der Evolution, insbesondere im Hinblick auf die kognitive Entwicklung. Diese lassen sich schlagwortartig verkürzen zu:

- A) Die evolutionäre Anpassung ermöglicht dem kognitiven Apparat, die Außenwelt im Individuum wider zu spiegeln.
- B) Die Wahrnehmung liefert Information, aus der eine individuelle Repräsentation der realen Außenwelt konstruiert wird, die einen Überlebensvorteil liefert.
- C) Das Individuum gewinnt keine Information über seine Umwelt, es überlebt nicht der Angepasstere, sondern der Überlebende.

Im Vortrag habe ich die Zuhörer gebeten, die Position zu benennen, die ihrer Vorstellung von Evolution entspricht. Die Zahlen waren A: 6, B: 9, C: 2, bei einigen Enthaltungen. Die kodierten Positionen sind die von Konrad Lorenz (A), der modernen evolutionären Erkenntnistheorie (B) und des radikalen Konstruktivismus (von Glasersfeld) (C). Es erstaunt, dass die Gemeinde der Mathematikdidaktiker ihre eigene Mainstream-Ansicht so wenig schätzt.

3 Evolutionäre Erkenntnistheorie

Immanuel Kant ist ein Klassiker der Erkenntnistheorie. Ein wesentlicher Beitrag ist die klar ausgedrückte Erkenntnis, dass nicht alles Wissen in einem simpel-empiristischen Bild einfach aus der Welt aufgenommen werden kann, da jede Wahrnehmung Voraussetzungen hat (die Apriori der Erkenntnis), z.B. die Anschauungsformen Raum und Zeit, die eben nicht aus der Beobachtung entnommen sein können.

Konard Lorenz hat vorgeschlagen, dass die Kantschen Apriori als Aposteriori der Evolution aufgefasst werden können. Dieses Programm einer evolutionären Erkenntnistheorie wurde von Riedl, Vollmer, Wuketits u.a. in unterschiedlichen Variationen ausgearbeitet. Aus dem Spektrum dieser, teilweise auch untereinander nicht kompatibler Ausprägungen, wähle ich im folgenden eklektisch nach persönlicher Vorliebe aus. Die Aussagen werden der Kürze wegen auch nicht belegt (siehe (Oldenburg 2003) für ein ambitionierteres Herangehen). Kernthesen der so verstandenen evolutionären Erkenntnistheorie sind:

Hypothetischer Realismus: Obwohl Wahrnehmungen keinen Zugang zur Welt an sich ermöglichen, kann man aufgrund des Anpassungsprozesses hypothetisch davon ausgehen, dass es eine Realität hinter den Erscheinungen gibt. Die Welt besitzt Strukturen, die unserer Sinnesorgane affizieren (wenn diese sie auch nicht treu abbilden).

Intelligenz ist eine Anpassungsleistung an die Umwelt. Sie ermöglicht eine aktivere Rolle des Individuums.

Der Vorgang der Wahrnehmung ist konstruktiv interpretierend.

Lernen ist ein individueller Vorgang, ermöglicht durch evolutionär ausgebildete Strukturen des Gehirns.

In der Ausarbeitung dieses Programms wurde eine Reihe von Prinzipien formuliert, die dem Erkenntnisprozess eigen sind. Zwei davon (aus Riedls Werk) sollen jetzt mit Blick auf das Internet angewendet werden:

Hypothese vom Vergleichbaren: Dies bezeichnet die Tendenz des Erkenntnisapparates, ähnlichen Wahrnehmungen auch ähnliche Ursachen und ähnlichen Handlungen auch ähnliche Folgen zu unterstellen. Diese Strategie kommt im Internet offensichtlich an ihre Grenzen, da das Medium einem extrem schnellen Wandel der Inhalte unterliegt. Auch gibt es kaum eine Korrelation von Form und

Inhalt, so dass die Wahrnehmung von Ähnlichkeiten kaum ein Hinweis auf z.B. ähnlich verlässliche Inhalte sind.

Konstanzleistungen: Dies bezeichnet die Tendenz des Erkenntnisapparates, Invarianten teilweise sogar bei variierenden Reizlagen zu konstruieren. Verwandt damit ist die Erwartung, sich wiederholende Strukturen zu finden. Hier stellt die extreme Inhomogenität des Internets ein Problem dar.

4 Quines naturalisierte Erkenntnistheorie

Willard van Orman Quine gilt allgemein als der einflussreichste amerikanische Philosoph des 20. Jahrhunderts. Sein umfangreiches Werk soll hier auf einige Aspekte reduziert werden, die in Hinblick auf das Lernen im Internet relevant sind.

Web of belief: Quine hält alles Wissen für hypothetisch, auch die Mathematik. Die kognitiven Inhalte sind in einem Netz verknüpft, das an den Rändern von Erfahrungen bestimmt wird, ansonsten aber durch innere Gesetzmäßigkeiten bestimmt ist.

Semantischer Holismus: Diese Position wird gelegentlich zu "alles hängt mit allem zusammen" verkürzt. Um eine bessere Vorstellung zu bekommen, versetze man sich z.B. in die Lage eines Physikers. Nach naiver Auffassung kann er mit seinen Experimenten Theorien verifizieren oder falsifizieren. Popper hat dagegen schon eingewendet, dass eine Verifikation unmöglich ist. Quine geht weiter und bezweifelt auch die eindeutige Falsifikation. Falls nämlich Beobachtungen zu einem Widerspruch führen, ist zwar klar, dass etwas falsch sein muss, aber es ist nicht klar, wo im Theoriegefüge Änderungen vorgenommen werden müssen. Zwar hat man es meist mit einer fraglichen Theorie gegenüber einem akzeptierten Theoriefundus zu tun, aber diese Einteilung ist nur pragmatisch. Wie lernen wir Sprache? Im Grunde unterscheidet sich die Position des Kleinkindes bei seinen Sprechversuchen nicht von der des Physikers. Eine Konsequenz ist die "Unbestimmtheit der Übersetzung": Es ist unmöglich, überindividuelle Bedeutungsgleichheit exakt zu bestimmen, dies geht nur in einem Approximationsprozess. Eine weitere Konsequenz der Unbestimmtheit: Einzelne Wörter bzw. Sätze sind in der Regel zu klein als bedeutungstragende Einheiten.

Ontologische Relativität: Ontologische Aussagen sind nach Quine sehr wichtig, da sie

die Bedeutung vieler sprachlicher Konstrukte bestimmen, sie sind aber nur relativ zu einem Bezugsrahmen sinnvoll. Eine absolute Ontologie ist uns nicht zugänglich. Er weist z.B. darauf hin, dass Atome nicht weniger als Homers Götter menschliche Setzungen sind. Innerhalb eines Bezugsrahmens allerdings kann mit Wörtern referenziert werden.

In einigen Aspekten ist Quines Werk wenig attraktiv, z.B. in seiner Neigung zu einer behavioristischen Sicht des Spracherwerbs. Interpretiert vor dem Hintergrund seines Gesamtwerks erscheint diese aber in einem gänzlich anderen Licht als der schlichte Ansatz von Skinner.

5 Folgerungen = Forderungen

Nun soll die eben ausgebreitete Theorie auf das Lernen im Internet angewendet werden.

Die Bedeutung von Theorien (im weitesten Sinne) wird durch ihre Vernetzung im web-of-belief gegeben. Um Bedeutung zu fixieren, braucht man darin viele Fäden. Die Verlinkung im Internet ist etwas anderes als die hier angesprochene Vernetzung. Um Bedeutungen fest zu ziehen, braucht man, was man eine Big-Footprint-Vernetzung nennen könnte, es müssen möglichst viele Fäden ein Selektionsfeld herstellen, in dem sich die Selektion im Reich der individuellen Hypothesen effektiv abspielen kann. Hypothesen können nicht eindeutig falsifiziert werden. Sie können deshalb Auferstehung feiern, und dann ist es wichtig, im eigenen Lernweg zurückgehen zu können. Das ist dann besonders gut möglich, wenn die ursprüngliche Selektionsumgebung z.B. in Form bedruckten Papiers noch vorliegt. Die Flüchtigkeit des Internets und die schnelle Veränderung seiner Inhalte ist deshalb ein kritischer Punkt, der es signifikant von anderen, z.B. CD-ROM-gestützten Lernumgebungen unterscheidet.

Beim Projekt MaDiN wurde die Beobachtung gemacht (s. Wittmann 2003), dass Studenten, die mit einer virtuellen Lernplattform arbeiten, dazu neigen, die Seiten komplett auszudrucken. Dies ist nach unserer bisherigen Diskussion eine äußerst vernünftige Strategie. Die Studenten stellen Dauerhaftigkeit her, sie können auf dem Material ihren Lernweg dokumentieren und so aus den fremden Produkten eigene machen, sie sich einverleiben.

Nehmen wir noch einmal die Problematik der Bezugsrahmen auf: Deren Leistung, als onto-

logischer Rahmen bedeutungsstiftend wirken zu können, hängt an ihrer Vernetzung, an der Verwirkung der involvierten Hypothesen. Um einen Begriffsabgleich z.B. zwischen einem Nutzer und einem Computerprogramm herzustellen, muss es ausreichend Interaktionsmöglichkeit geben, das ist das Prinzip der Bereitstellung von Operationsmöglichkeiten. Diese Operationen selbst sollten möglichst klar sein, so dass sie nicht zu einem aufwändigen Forschungsgegenstand werden müssen. Dies ist das Prinzip der Transparenz. Es begrenzt zum einen den Einsatz von Black-Boxes, und zum anderen erlaubt es, konkrete Forderungen an das Softwaredesign von Lernprogrammen zu stellen. Als relativ unspektakuläres Beispiel sei die Zugstrategie von dynamischen Geometrieprogrammen diskutiert. Es wurde erhebliche Energie investiert in den Versuch, eine gute Entscheidungsstrategie für mehrdeutige Situationen zu finden. Es gibt auch viele mathematische Gründe, diese Diskussion zu führen. Aus didaktischer Sicht dagegen bedeuten Entscheidungssituationen, dass unterschiedliche Erwartungen im Bewusstsein des Nutzers konkurrieren können, und die Synchronisation wird erschwert, wenn das System nach internen Gesetzmäßigkeiten seine Wahl trifft, ohne diesen Vorgang transparent zu machen. Es wäre viel besser, wenn das Programm den Nutzer informieren würde, dass es eine Entscheidung für ihn getroffen hat, und ihm die Option anbieten würde, sich auch die anderen Möglichkeiten anzusehen. In dem prototypischen DGS Feli-X gibt es in einigen Zugmodi einen (noch recht rudimentären) "next"-Button, mit dem man zur nächsten möglichen Konfiguration wechseln kann.

Das Prinzip der Transparenz fordert ferner, die Fäden des web-of-belief aufzeigen. Der Holismus ist nämlich nicht total: Die Vernetzung hat ihre eigenen Strukturen, und es ist eine Aufgabe der Wissenschaft, diese so weit wie möglich zu klären (auch wenn es dabei prinzipielle Hürden gibt). Die Mathematik besitzt ein Standardverfahren zur Netz-Forschung: Die systematische Beschränkung. Sie zeigt sich in den Bemühungen, Sätze mit möglichst wenig Voraussetzungen — oder bereits bewiesene Sätze mit gänzlich anderen Mitteln erneut zu beweisen. Dieser Wesenszug wird m.E. in den üblichen Katalogen fundamentaler Ideen der Mathematik nicht ausreichend deutlich, ich nenne ihn deshalb eine vergessene fundamentale Idee (Peter Bender hat mich allerdings dankenswerter Weise darauf hingewiesen, dass es eine Nähe zur fundamentalen Idee der Reduktion gibt).

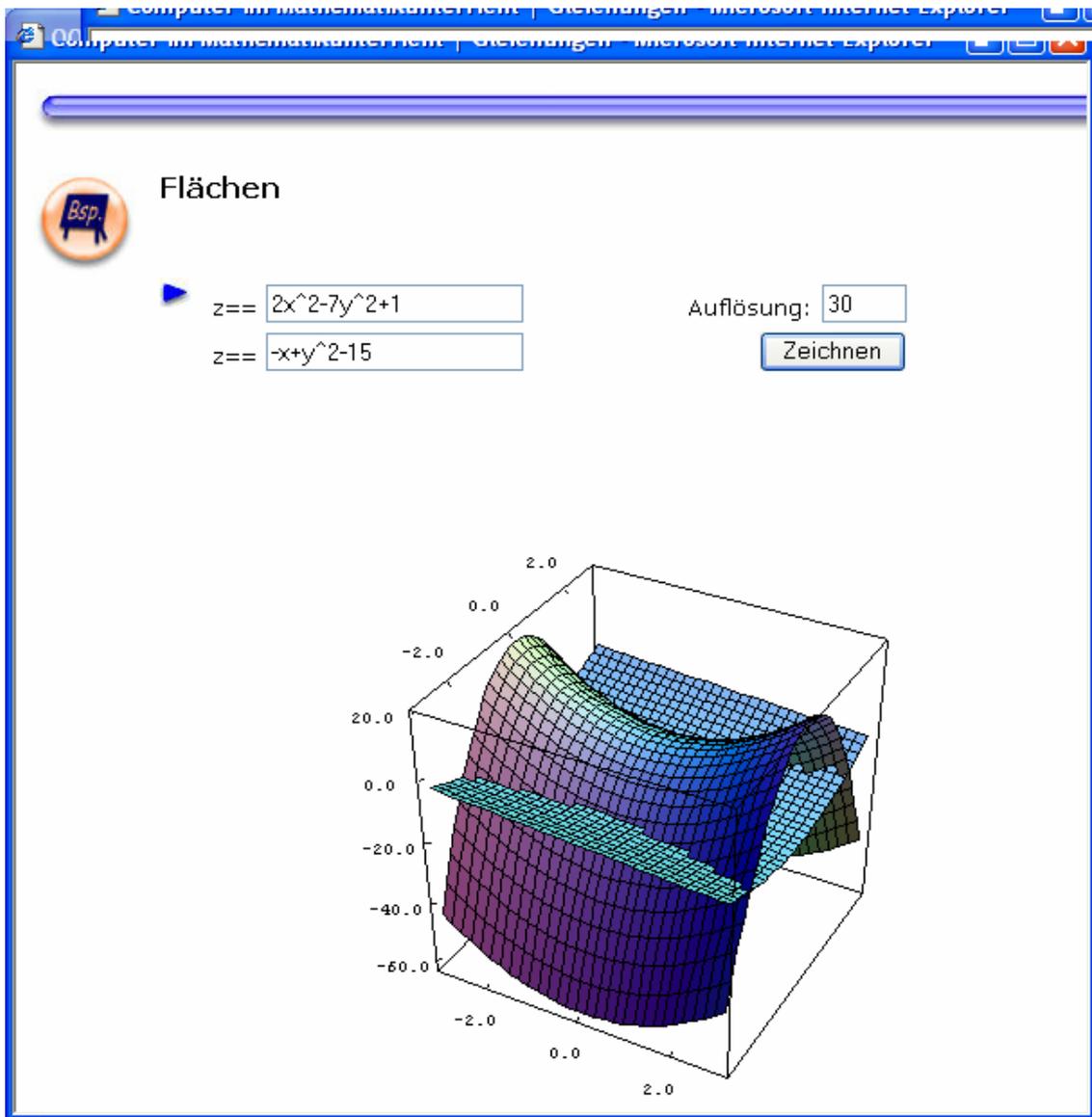


Abb. 1

Mittlerweile, so könnte es scheinen, haben wir uns im Hinblick auf das Software-Design in eine ausweglose Konkurrenzsituation hineinargumentiert. Auf der einen Seite steht die Forderung nach einer Big-Footprint-Vernetzung, auf der anderen Seite die nach der systematischen Beschränkung. Die bisherigen Ausführungen enthalten aber auch bereits die Lösung des Dilemmas: Ersteres ist unverzichtbar zur Etablierung ontologischer Referenzrahmen (also zur Verankerung neuer bedeutungstragender Teile), das Zweite ist sinnvoll, nachdem dieser etabliert wurde. Ein gutes Beispiel dafür, wie diese Kriterien erfüllt sein können, bietet Cinderella mit seinen Möglichkeiten, die Schüler Probleme mit einer Auswahl von Werkzeugen bearbeiten zu lassen. Dieser reduktionistische Weg ist sinnvoll, weil es sich um Werkzeuge handelt, die vorher semantisch transparent gemacht werden konnten.

Umgekehrt gibt es natürlich auch viele Beispiele von Lernumgebungen, die mit einem zu kleinen Fußabdruck den Lerner im Stich lassen. Vor allem die Formular-Interaktivität von simplen Java-Applets oder webMathematica-Seiten engt den Benutzer zu sehr ein. Auf der MaDiN-Seite (MadiN 2003) in Abb. 1 kann der Benutzer zwei Funktionen in zwei Variablen eingeben, deren Funktionsgraphen dann in ein gemeinsames Koordinatensystem gezeichnet werden. Es ist unbestritten, dass Nutzer damit etwas Sinnvolles machen können (weniger klar ist, warum sie dazu das teure webMathematica online statt eines Freeware-Computeralgebrasystems offline nutzen sollen). Der vorgegebene, vorgedachte Rahmen ist mit Bedacht gewählt, und trotzdem ist er zu eng: Kann man die Schnittkurve hervorheben? Ist meine Überlegung, wie ich sie ausrechnen kann, richtig? Kann man beide Graphen durch eine Ebene tren-

nen? Wie ist die Darstellung (Projektion) zu verstehen; — vielleicht sollte ich eine senkrechte Hilfsebene mitzeichnen lassen? Bei all diesen Fragen lässt das Formular den Nutzer im Stich, es taugt nicht als evolutionäres Feld der Hypothesenselektion.

Die Verwendung von Formularen wie in der beschriebenen Seite wird zum einen durch die technischen Möglichkeiten nahegelegt, ist zum anderen aber auch Ausdruck einer erstaunlichen didaktischen Grundhaltung. Während der Mainstream der Mathematikdidaktik für Schüler ein stärker selbstgesteuertes Lernen in offenen Lernumgebungen fordert, wird in der universitären Lehrerbildung die Notwendigkeit einer durch das Formular geleiteten Einführung betont. Eine evolutionäre Sichtweise führt dagegen zur Forderung, universelle Werkzeuge zu erlernen und zu nutzen (mit denen eigene Hypothesen effektiv untersucht und selektiert werden können) und die Hypothesenbildung durch (elektronische) Arbeitsblätter und durch ausgearbeitete Beispiele anzuregen; — die notwendige Lenkung erfolgt dann also nicht durch das Werkzeug, sondern durch zusätzliche Lernmaterialien. Die Wichtigkeit solcher ausgearbeiteter Beispiele erkennt man, indem man die evolutionäre Sichtweise als Leitlinie für den eigenen Erkenntnisgewinn anwendet: Im Informatikbereich gibt es viele Schüler, die sich komplexe Inhalte autodidaktisch aneignen (man denke z.B. an die von vielen Schüler beherrschte Programmierung von OpenGL, die u.a. das Verständnis homogener Koordinaten voraussetzt). Solche Schüler suchen sich ihre Lernumgebungen selbst, und der didaktisch interessierte Lehrer kann aus der Beobachtung dieses Prozesses lernen. Suchen Schüler etwa nach möglichst klaren Erklärungstexten, sind die Anhänger der Erklärungsideologie? Suchen Sie nach Seiten mit möglichst offenen Anregungen? Weder noch. Die mit Abstand beliebteste Lernform ist das Lernen am Beispiel, das Nachmachen und langsam Verändern hin zu den eigenen Vorstellungen.

Ich habe oben eine MaDiN-Seite kritisiert. Diese Wahl ist durchaus mit Bedacht getroffen: MaDiN ist insgesamt von ausgezeichneter Qualität. Wenn aber ein mit so viel Überlegung gemachtes Angebot suboptimal ist, dann zeigt das m.E. ein Grundproblem des "Lernort Internet" auf. Ebenfalls am Beispiel MaDiN lässt sich zeigen, dass die unübersichtliche Struktur eines Hypertextes dazu führen kann, dass trotz etablierter Qualitätskontrolle fachlicher Unsinn ins Netz gelangen kann. Vermutlich sind die von mir gefundenen Dinge längst korrigiert. Es bleibt der

Nachteil, dass der Lerner keine Dokumentation der Änderung hat. Wenn er nach ein paar Monaten zurückkommt und das Gefühl hat, das Gegenteil dessen zu lesen, was vor ein paar Monaten da stand, bleibt er damit alleine. Bei einem Buch könnte er, wenn ihn die Frage denn ernsthaft bedrückt, die Geschichte der verschiedenen Auflagen studieren.

In seiner Schnelllebigkeit ist das Internet geschichtslos und, was bisher noch gar nicht angesprochen wurde, es ist extrem unpersönlich. Dies führt zu Konflikten mit der Erwartung vom Vergleichbaren. Wenn man ein Buch oder einen Aufsatz liest, erwartet man eine gewisse Gleichartigkeit der Argumentationen und versucht diese herzustellen (Konstanzerwartung). Dies ist auch vernünftig, denn wenn all diese Gedanken von einem Menschen stammen, sollten sie sich halbwegs passend ordnen lassen. Diese Sichtweise wird problematisch, wenn man analoge Vergleichbarkeit an anderer Stelle erwartet (wenn etwa von "der Meinung des Spiegel" gesprochen wird). Diese Erwartung wird aber selbst von seriösen Internetangeboten tiefgreifend enttäuscht. Mit der generellen Seriosität eines Angebots steigt die Zahl der involvierten Autoren. Der Leser hat also nicht mehr die Spur einer Chance, Bedeutungsnuancen zwischen verschiedenen Autoren zu detektieren.

Physikalisch interessierte Leser können sich durch eine einfache Metapher die bisher ausgearbeitete Kritik verdichten in der Form, dass die Korrelationslänge des Internets zu klein ist.

6 Konstruktivismus?

Der Leser mag sich fragen, warum bisher nicht die konstruktivistische Erkenntnistheorie thematisiert wurde. Die vollständige Antwort wird in einer Analyse des Konstruktivismus enthalten sein, die gegenwärtig in Vorbereitung ist (Oldenburg 2003). Hier nur einige Bemerkungen dazu: Die Didaktik profitiert enorm vom Konstruktivismus, z.B. beim Verständnis von Fehlvorstellungen. Zentral für die Leistungen des Konstruktivismus ist dabei das Verständnis des Wissenserwerbs als individuelle Konstruktion. Diese Position ist aber Gemeingut unter vielen moderneren Ansätzen, z.B. den hier vorgestellten. Die weitergehenden Positionen des Konstruktivismus sind für die Didaktik unzureichend oder irrelevant. Für die hier geführte Diskussion leidet der Konstruktivismus an einer we-

niger detaillierten Vorstellung zur Wechselwirkung Medium und Individuum. Außerdem führt der Konstruktivismus zu einer systematischen Unterschätzung der Bedeutung der Eigenaktivität des Lernalers (die ausführliche Begründung dieser möglicherweise als erstaunlich empfunden Aussage erfolgt in der oben zitierten Arbeit).

7 Das Internet als Anregung

Hier sollen exemplarisch einige Nutzungsmöglichkeiten des Internets im Mathematikunterricht aufgezeigt werden, die in keiner Weise von der zuvor geäußerten Kritik getroffen sind. Als Bestandteile der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen eignet sich das Internet als Quelle von Anregungen und als Thema des Mathematikunterrichts, gerade auch in Hinblick auf fächerübergreifende Projekte.

Terme kommunizieren

In den Anfangszeiten des Internet wurden Formeln oft als gif-Bilder in Seiten eingebunden. Man kann mit den Schülern Vor- und Nachteile eines solchen Vorgehens diskutieren und sich die Repräsentation von Termen in verschiedenen Systemen anschauen:

- "Standard"-Formeleingabe im PC: $a \cdot x^{2/3}$
- Lisp (Maxima). $(* a (^ x (/ 2 3)))$
- TeX: $\$a \cdot x^{3/2}\$$
- Mathematica:
Times[a,Power[x,Rational[2,3]]]

Man kann hier Anforderungen diskutieren, neue Repräsentationsformen erfinden und z.B. mit den ausufernd langen Kodierungen in MathML vergleichen.

Spam-Filter

Die gegenwärtige Entwicklung zur Stärkung der Bayes-Statistik in der Schule (z.B. neue niedersächsische Rahmenrichtlinien) erfordert sinnvolle Projekte, die dies unterstützen.

Was ist Spam? Die Antwort darauf erfordert eine Individualisierung. Menschen unterscheiden sich nun einmal in der Art der Mail, die sie lesen wollen. Lernfähige Spamfilter kann man z.B. folgendermaßen bauen: Der Nutzer klassifiziert in einer Trainingsphase eingehende Mail als Spam oder Ham (das ist die erwünschte Mail). Auf diese Art findet man die bedingten Wahrscheinlichkeiten einer Klasse von Wörtern in Spam und in Ham. Auf der Grundlage dieses Wissens kann die Bayes-Formel angewendet werden:

$$P(\text{Spam} | \text{"Viagra"}) = \frac{P(\text{"Viagra"} | \text{Spam})}{P(\text{"Viagra"} | \text{Spam}) + P(\text{"Viagra"} | \text{Ham})}$$

Verallgemeinert auf viele Bewertungswörter kann man so eine gute Erkennungsrate erreichen. Eine reale Anwendung findet man z.B. im Mozilla-Junk-Mail-Filter.

8 Zum Schluss

Dieser Aufsatz spannt einen weiten Bogen, der Leser entscheide, ob es gar ein zu weiter Bogen ist. Unbestreitbar dürfte sein, dass sich die Strukturen des Gehirns und damit die Prinzipien seiner kognitiven Leistungen in einer Umgebung evolutionär herausgebildet haben, die von den heutigen gesellschaftlichen Realitäten und erst recht von der virtuellen Realität des Internets weit entfernt ist.

Literatur

- MaDiN — Mathematikdidaktik im Netz (2003), www.madin.net, gelesen 24.9.2003. Die Seiten sind mittlerweile deutlich geändert.
- Oldenburg, Reinhard (2003): Realistischer Konstruktivismus. Göttingen: Preprint
- Quine, Willard van Orman (1975): Ontologische Relativität und andere Schriften. Stuttgart: Reclam
- Riedl, Rupert (1988): Biologie der Erkenntnis. München: dtv
- Wittmann, Gerald (2003): Wie lernen Studierende in internetgestützten Lehrveranstaltungen? In diesem Band

Weitere Literatur zu den philosophischen Themen findet sich in Oldenburg (2003)