

## Kolumne

In den *MeasX*-Newslettern finden Sie ab dieser Ausgabe jeweils eine Kolumne, die in erster Linie einmal im weitesten Sinne „den Blick hinter die Kulissen“ der Signalverarbeitung lenken möchte. Sie wird gestaltet von Ulrich Karrenberg, dem Autor des Buches bzw. Lernsystems „*Signale – Prozesse – Systeme ... Eine multimediale und interaktive Einführung in die Signalverarbeitung*“ (Springer-Verlag, Heidelberg; ISBN 3-540-40171-7). Die internationale, englischsprachige Ausgabe „*An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing*“ (Springer-Verlag, New York, ISBN 3-540-43509-3) wurde mit dem *Deutschen Bildungssoftwarepreis Digita 2003* ausgezeichnet.

### Signalverarbeitung einmal anders: Lernen und Lehren als kommunikative Phänomene

Ein Schlagwort macht die Runde: Lebenslanges Lernen. Eigentlich überhaupt nichts Neues, findet doch der Lernprozess nicht nur während der Schul-, Studien- und Ausbildungszeit statt. Vielmehr ist ja jede – auch unbewußte – Aufnahme von Information in einer ganz spezifischen Weise mit einem Lernprozess verbunden.

#### **Lernweltmeister**

Wie neuere und neueste Forschungsergebnisse immer mehr verdeutlichen, findet der umfangreichste, diffizilste und erfolgreichste Lernprozess in den ersten Lebensjahren statt. Zweifellos ist das Erlernen der Sprachfähigkeit einer der Glanzleistungen im Kleinkindalter. Die Forschung ist sich weitgehend einig, dass Menschen erst seit ca. 100.000 Jahren sprachlich miteinander kommunizieren, ein Wimpernschlag im Laufe der Evolution des Menschen. Das Erlernen von Sprache ist also nicht „angeboren“, sondern muss mühsam erlernt werden.

Jeder Laut erfordert eine bestimmte, vom Hirn gesteuerte Einstellung der „Hohlraumresonatoren“ im Mund-, Nasen bzw. Rachenraum, damit ein „a“ immer wie ein „a“ klingt und nicht wie z.B. ein „ö“. Das Kleinkind lernt Sprache *mit all seinen Sinnen*: es beobachtet die Mundstellung der Mutter, es hört den Klang, es versucht die Nachahmung, es vergleicht das Ergebnis mit bereits abgespeicherten Stimmustern. Insgesamt ein hochkomplexer, interaktiver Lernprozess, der eigenes Ausprobieren und Anpassen an Referenzklänge – also Feedback/Rückkopplung – mit einbezieht. Die zig-Milliarden Neuronen und Synapsen bilden gleichzeitig die menschliche Hard- und Software. Der Lernprozess wird „dokumentiert“ durch die Form der Vernetzung zwischen Neuronen verschiedener Gehirnpartien.

Mit dem Erreichen der Pubertät sind diese „Weichen“ im Gehirn weitgehend fertiggestellt bzw. das Netzwerk vollendet. Wie sagt der Volksmund: Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr! Diese Erkenntnisse der Hirnforschung müßte eigentlich die gesamte Lehrerschaft alarmieren und inspirieren.

#### **Lerneffizienz und Zeitökonomie**

Das Lernen und Lehren an herkömmlichen Schulen und Hochschulen verläuft im Vergleich zu dem „natürlichen“ Lernprozess des Kleinkindes äußerst ineffizient und zeitaufwendig. Es wird fast alles falsch gemacht, was nach neueren Erkenntnissen falsch zu machen ist. Selbsterforschendes Lernen? Fehlmeldung. Individuelles Lernen? Fehlmeldung. Lernen mit allen Sinnen? Fehlmeldung. Bildhaftes Lernen? Fehlmeldung.

Wie sagt wiederum der polemische Volksmund: Wenn alles schläft und einer spricht, dann nennt man das den Unterricht. Nachwievor regiert die Sprache in sehr einseitiger Weise den Unterricht. Die „Vorlesung“ ist nachwievor gängiger Stil an Hochschulen. Was ist daran falsch?

„Die Fähigkeit von Sprache, Informationen zu vermitteln, wird weit überschätzt, vor allem in Kreisen von Gebildeten. Und nichts kann die Lücken schließen helfen, wenn die Dinge, die zur Sprache kommen, nicht der Art nach selbst erfahren wurden“ formulierte bereits in den dreißiger Jahren *Alfred North Whitehead*, der Wissenschaftstheoretiker, Philosoph, Mathematiker und Mentor des noch bedeutenderen *Bertrand Russel*.

Informationstheoretisch bedeutet das: Sprache ist in hohem Maße redundant („weitschweifig“) und fragmentarisch („bruchstückhaft“). Sprache ist alles andere als eindeutig und in sich widerspruchsfrei, auch wenn gewisse Juristen dies behaupten. Gerade diese Eigenschaften machen zwar Romane interessant, weil sie der Phantasie und Kreativität freien Lauf lassen. Es gibt demnach keine zwei Menschen, die einen Roman in der gleichen Art und Weise verarbeiten, weil niemals Erfahrungswelt, Phantasie, Kreativität, vor allem aber das unendlich komplizierte neuronale Netzwerk zweier Menschen in Gänze übereinstimmen!

### **Der Mensch denkt in Bildern**

Sprache wird durch das Gehirn in einem noch nicht vollkommen transparenten Prozess in bildhafte Information transformiert. Da der Sehsinn weitaus älter ist als der Hörsinn – das Ohr ist das jüngste Sinnesorgan in der Evolutionskette – ist das Gehirn weitgehend auf die Verarbeitung bildhafter Information ausgelegt. Einfache, nachweisbare Folge: Jeder, der einen Roman liest, dreht seinen eigenen Film hierzu. Noch niemals stimmte die nachträgliche Verfilmung eines Romans mit dem „eigenen Film“ überein!

Die Bildsignal-Dominanz wird noch einsichtiger, falls wir wiederum die Informationstheorie bemühen: Die pro Zeiteinheit übertragene (unkomprimierte) Informationsmenge ist direkt proportional der Bandbreite des Übertragungskanal. Für die Sprache reicht, wie das Telefon beweist, eine Bandbreite von 3 kHz völlig aus. Vergleichen wir dies mit der Video-Bandbreite von ca. 300 MHz eines Stereobildes vom Auflösungsvermögen unserer Augen, so steht damit fest: Unsere Augen „transportieren“ ca. das Hunderttausendfache an Informationen pro Zeiteinheit in das Gehirn, verglichen mit den Ohren. Also muss das Gehirn einerseits vergleichsweise überwiegend mit der Verarbeitung der bildhaften Information beschäftigt, andererseits aber auch aufgrund der evolutionären Entwicklung hierfür optimal strukturiert sein!

Für aufgeklärte Pädagogen bedeutet dies im Hinblick auf den Lernprozess, der bildhaften Information, die ja wesentlicher eindeutiger und widerspruchsfreier als Sprache ist, möglichst immer den Vorzug zu geben („pictorial turn“). Hierdurch wird der erwähnte komplexe Transformationsprozess von Sprach- in Bildinformation vermieden.

### **Pädagogischer Quantensprung: Multimediales und interaktives Lernen**

Multimediales und interaktives Lernen bedeutet *Lernen mit allen Sinnen*, verbunden mit der Erkenntnis, dass Bewußtseinsbildung durch *Wechselwirkung* mit der Außenwelt entsteht.

Schule und Hochschule stehen dem Einsatz neuer Medien und der Interaktivität im Lern- und Lehrprozess nach wie vor äußerst kritisch gegenüber. Nur zu oft werden sie als modischer Schnick-Schnack abgetan. In anderen Bereichen sind sie inzwischen nicht mehr wegzudenken bzw. wurden nie anders gehandhabt. Ein einziges Beispiel soll dies verdeutlichen.

Stellen Sie sich vor, jemand will Fliegen lernen und kauft sich deshalb ein entsprechendes Buch. Nach sorgfältigem Studium begrüßen er schließlich die Gäste am Flugzeug auf der Gangway und sagt ihnen: „Haben Sie keine Angst, ich habe mir alles genau durchgelesen“! Würden Sie mitfliegen? Das beschreibt in etwa die herkömmliche Situation an Schulen und Hochschulen („Vorlesung“). Konsequenz: Der Flugsimulator stellt tatsächlich einen pädagogischen Quantensprung dar, indem er alle Sinne anspricht, auch *selbst erforschendes Lernen* ermöglicht, ohne für Fehler die Konsequenzen tragen zu müssen. Ca. 70 Prozent der Pilotenausbildung findet in ihm inzwischen statt.

Dass solche computergestützten Techniken zur Modellierung, Simulation und Visualisierung z.B. bei der Entwicklung und Erprobung neuer technischer Systeme - Chips, Autos, Flugzeuge, Schiffe - Milliardenbeträge sparen, wird von vielen Pädagogen bzw. Lehrern aller Couleur immer noch verdrängt. Dass es möglich sein könnte (und ist!), wesentlich *zeitökonomischer* und *effizienter* zu lernen (z.B. um den Faktor 5), zu planen und zu entwickeln, diese Anerkennung könnte - wenn nichts dagegen unternommen wird - den neuen Medien durch die Hoch- und sonstigen Schulen noch lange versagt bleiben.

### **Ein Flugsimulator für die Signalverarbeitung?**

Der Autor dieser Kolumne war viele Jahre lang in der Lehrerausbildung tätig (Fachrichtung Nachrichtentechnik/ Techn. Informatik). Seine von wissenschaftlichen Hochschulen kommenden Referendare erwiesen sich zunächst als weitgehend unfähig, die wichtigen Grundlagen und aktuellen Techniken dieser Fachwissenschaft in der Sprache und bezogen auf das Vorstellungsvermögen ihrer Schüler für den Unterricht aufzubereiten. Dies aus einfachem Grunde: Die Theorie der Signale – Prozesse – Systeme wird an Hochschulen fast nur über die mathematische Modellierung signaltechnischer Phänomene (unter Berücksichtigung bestimmter physikalischer Gegebenheiten) vermittelt. Für fast alle Studenten verlieren sich dadurch die eigentlichen Inhalte im Dickicht eines mathematischen Dschungels.

Für den Autor kristallisierte sich sehr schnell der traumhafte Wunsch heraus, etwas Vergleichbares wie den Flugsimulator für die Mikroelektronik, Computer- und Kommunikationstechnik zu schaffen, machen doch all diese Techniken nichts anderes als *Signalverarbeitung*. Also ein multimediales, interaktives Lernsystem für Signalverarbeitung!

Wie könnte nun *unser* Flugsimulator aussehen?

Er macht sich ebenfalls die moderne Computertechnik zunutze. Er umfasst ebenfalls Simulationsprogramme. Obendrein ist er noch viel praxisnäher als ein Flugzeugsimulator. Er kann nahezu alle nachrichtentechnischen Prozesse simulieren, aber er kann genauso gut *reale Signale* aufnehmen, verarbeiten und ausgeben! Er *ist* die Praxis! Vor allem kann er alle Vorgänge und Prozesse *bildlich und dynamisch* darstellen. Er ist wie ein Buch, welches plötzlich mit Leben erfüllt ist, welches Filme und Klänge ablaufen und Sie *interaktiv* agieren lässt. An den Sie Fragen stellen und Antworten - in Form lebendiger Bilder - erhalten können.

Als wesentlicher Teil dieses „Flugsimulators“ erwies sich nach einigen Irrwegen *DASYLab*. Dieses Programm stellt Ihnen ein nahezu vollständiges Experimentallabor mit allen nur erdenklichen „Geräten“ und Messinstrumenten zur Verfügung. Es ist extrem leicht zu bedienen und bietet Ihnen alle Möglichkeiten, eigene Systeme zu entwickeln, zu modifizieren, zu optimieren, zu verwerfen und umzugestalten. Ohne jeden Kostenaufwand. Zuhause, wenn Sie wollen. Präzise ausgedrückt ist *DASYLab* eine professionelle, grafisch programmierbare Entwicklungsumgebung für signalverarbeitende Systeme.

### **Das Lernsystem Signale – Prozesse – Systeme**

In achjähriger Arbeit wurde der ursprüngliche Traum realisiert und im Februar 2000 zum ersten Mal der Öffentlichkeit vorgestellt. Inzwischen wird es weltweit eingesetzt, die 3. deutsche Auflage ist soeben beim Springer-Verlag erschienen (s.o.), dsgl. eine internationale, englischsprachige Ausgabe.

Was sind die eigentlichen Unterschiede zu herkömmlichen Lehrbüchern? Sie liegen in einem neuartigen fachdidaktischen Konzept, welches selbsterforschendes, interaktives und multimediales Lernen ermöglicht:

- Ein Lernsystem also, welches *erstmalig* einem nichtakademischen Kreis die aktuellen Anwendungen der modernen Signalverarbeitung und auch deren Grundlagen zugänglich macht, welches einen praxisorientierten Einstieg in die Mess-, Steuer-, Regelungs-, Automatisierungs-

und Kommunikationstechnik ermöglicht. Ein Lernsystem, welches maßgeschneidert für den berufsbildenden Bereich (IT- Berufe bis Mechatroniker sowie alle technisch-naturwissenschaftlich tangierten Berufe) ist und sich von dem dort praktizierten katalogartigen Faktenwissen wohltuend abhebt, mit dem sich lauffähige Applikationen mittels grafischer Programmierung erstellen lassen, welches ferner die Medienkompetenz fördert.

- Ein Lernsystem, welches vor allem aber weitgehend *zeitlos* ist, weil hier nicht die kurzlebige Hard- und Software dominiert, sondern die physikalischen Rahmenbedingungen dieser Technik als Leitlinie dienen (Naturgesetze veralten nicht!).
- Ein pädagogisches Konzept, welches auf die Visualisierung von Signalen und Prozessen setzt, ferner die „Barrieren“ Mathematik und Programmiersprachen dem PC überlässt.
- Kurzum, dieses „Lernsystem“ existiert und verfolgt insbesondere folgende Ziele:
  - *Neuorientierung, Neubewertung und Aktualisierung der Bildungsinhalte des Berufsfeldes Mikroelektronik/ Computer-, Kommunikations- bzw. Informationstechnik,*
  - *Schaffung der Voraussetzungen für selbst erforschendes Lernen,*
  - *Symbiose von Theorie und Praxis*
  - *Förderung und Stimulation des Einsatzes neuer Medien im Lernprozess,*
  - *Sicherung der beruflichen Mobilität,*
  - *optimale Vorbereitung auf ein Studium bzw. inhaltliche Verinnerlichung während des Studiums,*
  - *Kompetenzförderung für die computergestützte Planung, den Entwurf, die Analyse und Synthese signalverarbeitender (computergestützter) Systeme.*