

# Denken in Modellen

## Wie entstehen Innovationen?

Interview mit Prof. Dr. Guido M. Schuster,  
Hochschule für Technik (HSR), Rapperswil, Schweiz

**Ohne Elektro- und Informationstechnik ist unser moderner Alltag, in der Arbeitswelt und privat, nicht mehr denkbar. Für die Industrieproduktion sind die sich rasant entwickelnden Informations- und Datenverarbeitungstechnologien die Innovationstreiber. Diese ermöglichen intelligent gesteuerte automatisierte Prozesse, die auch längst in den Laboren Einzug gehalten haben. Die Anwendungsmöglichkeiten der digitalen Signalverarbeitung sind unendlich vielfältig, beispielsweise von der Aktienkursberechnung, ABS-Systemen am Auto bis zu Hörgeräten, Next Generation Sequencing oder der automatisierten Pulverdosierung. Hinter den faszinierenden Lösungen stehen Ingenieure und Techniker, die jeden Tag daran arbeiten, den Alltag für jedermann einfacher zu machen.**

**Der Anwender hat meist nicht die geringste Vorstellung von dem, was an Technik in den Geräten steckt und was die Signalverarbeitung hier Wesentliches leistet. q&more war zu Besuch bei dem renommierten Erfinder und Inhaber unzähliger Patente, Professor Guido Schuster, der an der malerisch am Zürichsee gelegenen Hochschule Rapperswil der Master Research Unit Sensor, Actuator and Communication Systems vorsteht und Einblicke in seine Arbeiten gewährte.**

Herr Prof. Schuster, Sie sind einen ungewöhnlichen Weg bis zur akademischen Laufbahn gegangen – Ihr beruflicher Werdegang ist geprägt von sich abwechselnden Stationen in Praxis und Forschung und begann mit einer Ausbildung zum Radio- und TV-Elektroniker. Masterstudium und Promotion absolvierten Sie in den USA, dem folgte eine steile Karriere mit vielen Auszeichnungen. Was treibt Sie an?

Meine Hauptmotivation ist die Liebe zur Theorie. – Wie Kurt Lewin schon sagte: „Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie.“ Das sieht man einfach in meinem Bereich. Die Materie der Signalverarbeitung ist relativ komplex. Schön ist, das Theoretische anwenden zu können und etwas Praktisches zu generieren. Ich bin fasziniert von der Macht der Theorie der Signalverarbeitung auf der einen Seite und den unendlich vielen Anwendungen, die es gibt, auf der anderen Seite.



**Guido M. Schuster**, geb. 1967 in Winterthur, studierte nach einer Lehre als Radio-TV-Elektroniker Elektronik, Mess- und Regeltechnik am Neutechnikum Buchs (NTB) und schloss 1990 als Jahrgangsbester ab. Sein Masterstudium absolvierte er an der Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, wo er 1996 seinen Ph.D. erwarb. Im Anschluss arbeitete er für U.S.Robotics (später 3Com) in der Network Systems Division, Illinois, wo er den VoIP-Standard SIP mitentwickelt hat. Er war Mitbegründer der 3Com Internet Communications Business Unit, deren Senior Director und Chief Technologie Officer er 1999 wurde. Während dieser Zeit entwickelte er das erste kaufbare SIP Internet-Telefonsystem, das 2000 auf den Markt kam. Von 1998 bis 2000 war er Lehrbeauftragter an der Northwestern University. 2000 wurde er zum Professor für Elektrotechnik an die Hochschule für Technik (HSR), Rapperswil, Schweiz, berufen und ist dort seit 2007 Leiter der Master Research Unit „Sensor, Actuator and Communication Systems“. Schuster Spezialgebiet ist die Digitale Signal- und Bildverarbeitung.

Er hält über 60 internationale Patente, hat über 60 internationale Fachartikel publiziert und erhielt zahlreiche renommierte Auszeichnungen, u.a. 3Com Inventor of the Year (1999), IEEE Signal Processing Society Best Paper Award (2001), FUTUR Technology Transfer Innovation Award (2006, 2007 und 2008).

Zentraler Bestandteil Ihrer Arbeit ist das Denken und Entwickeln von theoretischen Modellen. Was ist deren Bedeutung und wie gehen Sie grundsätzlich vor?

Eine technische Lösung für ein Problem in der menschlichen Welt, der so genannten Real World, zu finden ist schwierig, denn Sie verhält sich unvorhersehbar, ich möchte sagen seltsam. Modellen kommt die Aufgabe zu als eine mathematische Abstraktion die physikalisch-technische Realität zu beschreiben. Ein vernünftiges Modell zu haben, ist der entscheidenden Schritt am Beginn der Arbeit und bedeutet 50 % des Kampfes gewonnen zu haben. Das Modell muss so simpel wie möglich sein, um es verstehen zu können, aber komplex genug, dass es die wichtigen Effekte der realen Welt enthält. Wenn das Modell steht, dann kann es mit den zur Verfügung stehenden mathematischen Werkzeugen abgeändert und optimiert werden, so lange, bis die echte Welt sich so benimmt, wie es der Ingenieur will.



Ihr Spezialgebiet ist die digitale Signal- und Bildverarbeitung. Können Sie uns ein Anwendungsbeispiel hierfür geben?

Ein typisches faszinierendes Beispiel für diese Technologie ist, wie Ihr Smartphone die Stimme übermittelt. Es besteht folgendes Ausgangsproblem: Die digitale Aufzeichnung von Sprache generiert eine so hohe Datenmenge pro

Sekunde, nämlich 64.000 Bits, dass diese nicht direkt durch die Luft gesendet werden können. Es können nur ca. 13.000 Bits pro Sekunde gesendet werden. Das Gerät macht nun etwas Spannendes, es benutzt ein verblüffendes Modell: Es schätzt aus den Schallwellen der Stimme ein mechanisches Modell des Mundes, der sich beim Sprechen bewegt, sowie den Stimmbändern, die schwingen und erzeugt so eine kompaktere Information, die dann problemlos über das Handynetzt transportiert werden kann. Dabei wird auf Basis der Schallwellen 50 x pro Sekunde abgeschätzt, wie der Mund, der Resonator, steht – das ist kein Scherz! Hier reichen 12 Zahlen aus um die Mundpositionen von leicht bis weit geöffnet zu beschreiben. Zusätzlich gibt es noch zwei weitere Effekte, nämlich das Schwingen der Stimmbänder bei Vokalen (Ja-Nein-Bestimmung) und wenn ja, bei welcher Stimmlage. Weiterhin werden die Rauschquellen (Zischlaute wie tsch, tz, ss, etc.) identifiziert. Als Daten werden also nicht die Schallwellen übermittelt, sondern wie sich der Mund und die Stimmbänder bewegen. Das Empfängergerät baut dann quasi den Mund wieder künstlich zusammen und spielt die Stimme aus, wie eine Art Puppe.

Das ist wirklich beeindruckend. Wie entstehen denn solche Modelle, wann haben Sie die Ideen?

Meistens ist das ein sehr langsamer Prozess. Beim Betrachten einer Problemstellung ergibt sich ein Ansatz. Die Wahrheit ist, der erste Ansatz ist fast nie der Richtige. Wichtig ist anzufangen. Ich bin ein Gegner starrer Projektplanung. Wenn Sie genau wissen, was Sie machen, gibt es zwei Gründe: A) Das Problem ist trivial. Oder B) Sie verweigern sich, während des Projektes etwas zu lernen. Wenn Sie also willens sind zu lernen und das Problem ist nicht trivial, sollten Sie spätestens nach sechs Monaten eine ganz andere Sicht des Problems haben. Wichtig ist sich auf den Prozess des Planens einzulassen, ihn kontinuierlich zu verfolgen und bereit sein zu lernen.

Sie waren während Ihrer Zeit in den USA an der VoIP (Voice over IP)-Technologie – also Telefongespräche über das Netz zu organisieren – maßgeblich beteiligt und erhielten hier für den Preis von 3 Com als Inventor of the Year. Wie entstand dieser Standard und welche Vorteile bringt die Technologie?

Bei der Entwicklung von VoIP wussten wir von Anfang an, dass die Technologie inhärent billiger ist. Das ist es, was neben der Produktqualität für den Consumer zählt und den Markterfolg bringt. Das Telefonnetzwerk ist im Übrigen schon seit den 70er Jahren voll digital. Dennoch

---

„Alles sollte so einfach wie möglich gemacht sein, aber nicht einfacher.“

Albert Einstein

---

schafft es ein Telekommunikationsunternehmen bis heute ein Bit Sprache viel teurer zu verkaufen als ein Bit Daten. Wenn Sie es schaffen, Sprache in Datenpakete abzufüllen, wird es einfach billiger.

Das erste Geschäft, das wir bei U.S. Robotics, die später von 3Com aufgekauft wurde, mit unserer VoIP-Lösung gemacht haben, war ein so genanntes „Crazy Business“, aber sehr erfolgreich. 1984 gab es einen Gerichtsfall in den USA, das Modified Final Judgement bei Judge Green, mit dem AT&T, die größte Telekomfirma, die es jemals gab, in regionale Dienstleister, so genannte „Baby Bells“ und Ma Bell AT&T (stellten Langdistanzanrufe zur Verfügung) zerschlagen. AT&T hatte damals U.S. Robotics beauftragt, aus dem klassischen Telefongespräch, das bei einem Langdistanzanruf über drei Gesellschaften (die regionalen Dienstleister sowie über die Langstrecke über Ma Bell AT&T) gesplittet abgewickelt und abgerechnet wurde einen Enhanced Service zu machen, und das Gespräch auf der AT&T-Strecke über VoIP mit einem höheren Tarif zu senden – das war das erste Business-Modell und brachte Millionen.

[Nun steht durch die aktuellen Enthüllungen die Transparenz der über das Internet verschickten Daten stark in der Diskussion. Was sagen Sie?](#)

Was das Thema der Datenkontrolle betrifft, so kann ich sagen, dass das niemanden überrascht hat, der in diesem Business zu Hause war. Ich war bereits ca. 1996 mit dem CALEA-Gesetz der Vereinigten Staaten konfrontiert, das US-Telekommunikationsdienstleister verpflichtet dem FBI jederzeit Zugriff auf unverschlüsselte Datenströme zu ermöglichen.

[Sie konnten seit 1987 zahlreiche Preise und Auszeichnungen gewinnen. Unter anderem hat die Association für Lab Automation 2009 das neue automatische Dosiersystems Quantos mit dem New Product Award ausgezeichnet. Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Mettler-Toledo waren Sie maßgeblich an den Entwicklungsarbeiten beteiligt. Quantos wird mittlerweile sehr erfolgreich für die Dosierung fester und flüssiger Medien eingesetzt. Hier konnte der bisher aufwendig manuell ausgeführte Vorgang der Pulverdosierung in einen automatisierten Ablauf umgesetzt werden. Was war hier die Herausforderung?](#)

Das Schwierige dieser Aufgabenstellung war, für den zeitlichen Ablauf der Pulverdosierung einen entsprechenden Algorithmus zu entwickeln. Grundprinzip der

---

## „Pläne sind unwichtig, aber Planung ist alles.“

Dwight D. Eisenhower

---

Dosierung ist, dass eine definierte Menge des Pulvers über die Waagschale ermittelt wird. Das Gerät kann erst nach einem bestimmten Zeitraum die Pulvermenge auf der Waagschale erfassen – denn das Pulver benötigt eine gewisse Zeit, bis es herunterfällt, das bedeutet die Waage hat eine Verzögerungsmoment. Der Sensorik, d.h. der Waage, kommt nun die Aufgabe zu, der Pulverdosiereinheit, dem so genannten Aktor, zu sagen, wieviel Pulver er noch hinzu zu dosieren hat, um das erwünschte Zielgewicht zu generieren.

Das Innovative des Dosierkopfes ist weniger die integrierte RFID-Technologie, als die raffinierte Mechanik, mit der das absolut schwierig zu handelnde Medium Pulver in kleinsten Mengen abgegeben wird. Unsere Aufgabe hier war für diesen komplizierten Vorgang einen Regelungs- und Steuerprozess zu entwerfen.

Hierbei gab es folgende Methoden: Bei der Methode A wird das Pulver in einzelnen Schritten nach und nach zudosiert, es wird immer wieder gemessen, solange bis Sie sich dem gewünschten Zielgewicht annähern. Das geht wunderbar, ist aber unendlich langsam.

Bei der Methode B wird das Pulver während es auf die Waagschale fällt gemessen und in die Zukunft geschätzt, wann der Zeitpunkt für das Erreichen des Zielgewichtes





erreicht sein wird und dann der Dosiervorgang abgestellt wird. Man kann sich das Vorstellen wie Bootfahren. Das Drehen des Steuers wirkt sich im Wasser erst zeitverzögert aus, Sie müssen also vorrausschauend lenken. Das ist das Schwierige am Bootfahren und der Unterschied zum Autofahren.

Das hört sich plausibel an.  
Gab es einen Knackpunkt bei der Sache?

Die zentrale Herausforderung war, die Ausgangssituation darstellen zu können, denn bei dem Pulverstrom handelt es sich um ein klassisches chaotisches System. Die Anfangsbedingung ist absolut entscheidend, und die hat man nicht im Griff, denn das Pulver verhält sich immer unterschiedlich. Beispielsweise kann bei dem gleichen Befehl an den Pulverdosiervorgang, z.B. sich um 10 % zu öffnen, einmal viel und einmal wenig Pulver abgegeben werden.

Die Magie des Dosiervorgangs Quantos ist nun, dass es bei jedem Dosiervorgang quasi von Neuem beginnt zu lernen. Die Sensorik schätzt jedes Mal in den ersten Sekunden, wenn das Pulver aus dem Dosierkopf rieselt, hochpräzise ab, wie die Pulverdosiervorgang sich jetzt gerade verhält und wann das vorgegebene Zielgewicht erreicht sein wird. Mit dem zugrundeliegenden Systemmodell kann das sehr genau auf die Zukunft bezogen abgeschätzt werden. Das ist der innovative Ansatz.

Inwieweit profitieren Sie von der Zusammenarbeit und gemeinsamen Entwicklungsprojekten mit der Industrie für Ihre Forschung und Lehre?

Der Profit ist hoch und für die Lehre sind die Kooperationen sehr hilfreich. Man kann konstant Beispiele aus echten Projekten, die man gerade macht oder gemacht

hat, bringen und Problemlösungen anschaulich demonstrieren. Das motiviert auch die Studierenden in einer so theorieelastigen Materie, denn die wissen manchmal vor lauter Mathematik nicht, ob Sie das Studium überhaupt machen wollen. Für mich selbst ist die Interaktion mit der Industrie hilfreich und auch spannend. Ich habe auch das Glück, dass ich ein Spezialgebiet habe, das genau die Eigenschaften hat, die nötig sind, damit diese Interaktion gut funktioniert. Das Gebiet ist inhärent komplex, es gibt nicht so viele Experten, gleichzeitig ist es sehr weit einsetzbar.

Es gab bisher sehr selten Fälle in Projektkooperationen, bei denen wir nicht eine Theorie aufzeigen konnten, deren Anwendung das Produkt verbessern würde. Wir haben in der Forschung ganz andere Möglichkeiten und Zeithorizonte uns mit einer Problemstellung zu befassen als ein Industrieingenieur der möglichst schnell ein Problem lösen muss.

Eine weitere bedeutende Auszeichnung Ihrer Laufbahn war 2001 der Best Paper Award der IEEE Signal Processing Society. Wofür erhielten Sie den Preis?

Der Preis war für mich unerwartet. Ich erhielt ihn für ein Thema aus der Bildverarbeitung, der Grenzziehung von Videoobjekten, das ich in meiner Dissertation bearbeitet hatte. Der MPEG-4-Standard, an dem wir 1996 geforscht hatten, ist heute als Videostandard verbreitet. Damals war es das erste Mal, dass das Problem der Grenzziehung sauber mathematisch formuliert und optimal gelöst wurde.

Herr Prof. Schuster, abschließend die Frage, was geben Sie dem wissenschaftlichen Nachwuchs aus den technischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen mit auf den Weg um später erfolgreich sein zu können?

Es ist toller Job und es lohnt sich, sich durchzubeißen. Es sollten wirklich vielmehr Leute machen. Es gibt so viele junge talentierte Leute, die das Potenzial haben. Sie werden gebraucht, sie gestalten die Welt. Letztendlich hat alles, was die Welt einfacher, bequemer oder angenehmer macht, etwas mit Engineering, einschließlich Medizin und Pharmazie, zu tun. Das Wichtigste ist die Freude an der Sache.

■ [gshuste@hsr.ch](mailto:gshuste@hsr.ch)



(Das Gespräch für q&more führte Claudia Schiller.)  
Fotos (4): Claudia Schiller