

# Alles wurde ein erstes Mal gemacht

## Dazu braucht es Freiheit, Individualität, Originalität

Timm Grams, Fulda, 10. Februar 2010 (Abschiedsvorlesung)

Herr Präsident, Herr Dekan, liebe Mitstreiter, liebe Freunde und Verwandte.

Meine *Abschiedsvorlesung* widme ich Ida Clemens. Sie hat sich vor nun fast sechs Jahrzehnten zu mir an den Küchentisch gesetzt und mir das kleine Einmaleins erklärt. Dank meiner Großmutter kann ich das kleine Einmaleins heute noch nicht auswendig. Und ich glaube, dass man das tatsächlich auch nicht können muss. Meine Großmutter hat mir die mathematischen Strukturen vor Augen geführt. Noch heute leite ich mir  $6 \text{ mal } 7$  und all die anderen Produkte her. Nur bei  $7 \text{ mal } 8$  nimmt mein Gehirn meist die auswendig gelernte Lösung, denn in diesem Fall scheint das Auffinden der abgespeicherten Lösung schneller zu sein als das Herleiten.



Ida Clemens, 1886 - 1971

Dieses Erlebnis am Küchentisch hat meine Liebe zur Mathematik geweckt. Das Denken in Strukturen ist es, das das Leben leichter macht – eine Weisheit, die dem Bildungssystem heute irgendwie abhanden gekommen ist.

Lassen Sie mich zum Thema der Vorlesung überleiten:

„Und das Weib sah, dass von dem Baum gut zu essen wäre und dass er eine Lust für die Augen wäre und verlockend, weil er klug machte. Und sie nahm von der Frucht und aß und gab ihrem Mann, der bei ihr war, auch davon, und er aß. Da wurden ihnen beiden die Augen aufgetan... Und Gott der Herr sprach: Siehe, der Mensch ist geworden wie unsereiner und weiß, was gut und böse ist... Da wies ihn Gott der Herr aus dem Garten Eden.“

Das ist eine grandiose Geschichte, die da im dritten Kapitel des ersten Buches Mose erzählt wird: Der Mensch wählt die *Freiheit*. Und Gott gesteht sie ihm zu! Der Verlust des Paradieses – ohnehin eine wohl eher langweilige Veranstaltung – ist demgegenüber zu verschmerzen.

Was nun folgt, ist ein Thema mit Variationen. In allen meinen Erinnerungsschnipseln wird es um *Freiheit* gehen und um Kreativität. Ich werde mir jegliche Kritik an der aktuellen Hochschulentwicklung und an der Bildungspolitik verkneifen. Dem aufmerksamen und informierten Zuhörer wird es nicht schwer fallen, die richtigen Schlüsse selbst zu ziehen.

Fangen wir mit meinen ersten zehn Jahren an, die ich in der DDR zugebracht habe: Ich war etwa acht und hatte alte Versicherungsformulare im Keller gefunden. Da waren Hakenkreuze drauf. Ein interessantes Muster, fand ich. Damit habe ich viele Seiten eines Heftes bemalt. Eine Lehrerin hat das entdeckt und gemeldet. Mir war nicht klar, worum es in der daraufhin tätig werdenden Kommission genau ging. Man unterzog mich einer eingehenden Befragung. Ich musste etwas Verabscheuenswürdiges gemacht haben. Bestraft aber hat man mich nicht, sondern mit einer mir unangenehmen Zudringlichkeit ermahnt. Das war die "Entnazifizierung eines Achtjährigen".

Natürlich hat man mir sagen müssen, dass ich keine Hakenkreuze malen darf, und vor allem auch, warum nicht. Aber man konfrontierte mich – den kleinen Jungen – mit der Liebe des „Großen Bruders“, den er doch so enttäuscht hatte. Ich empfand es genau so, obwohl ich

George Orwells „1984“ damals selbstverständlich noch nicht gelesen hatte. Es war ein sehr bedrückendes und unauslöschliches Erlebnis für mich.

Als wir auf dem Bahnhof einer oberfränkischen Kleinstadt standen, es war 1955, sagte Mutter, eine wirklich mutige Frau, zu uns Kindern: Wir bleiben jetzt im Westen. Drei Gedanken durchfuhren mich: Verflixt, dein Akkordeon kannst du vergessen, den neu gewonnenen Freund auch. Aber jetzt bist du frei. Ja: Ein Zehnjähriger kann offenbar so etwas Abgehobenes wie die Freiheit fühlen und schätzen. Ich war glücklich!

## **Schule und Studium**

Sie sehen hier den [Hochzeitsturm](#) meines Studienortes Darmstadt, achten Sie auf die Sonnenuhr, sie wird uns noch einmal begegnen.



Eine Frage hat mich schon in der Schule und während des Studiums beschäftigt: All unser Wissen scheint irgendwie vom Himmel gefallen zu sein. In der Schule (links das Abi-Bild) haben wir gelernt, Routineaufgaben mit fein ausgedachten Methoden zu lösen und immer wieder Sachverhalte zu analysieren. Aber wie man auf diese tollen Methoden und Formeln kommt, hat uns keiner verraten. Ich fühlte mich vollkommen unvorbereitet auf meinen Ingenieurberuf. Wie sollte ich nur auf das von mir verlangte Neue kommen?

Ein weiteres Problem kam dazu: Die Mathematik wurde uns als ein perfektes Gebäude vorgestellt; und wenn man sich mit Umsicht darin bewegt, können eigentlich gar keine Fehler passieren. In meinem Alltag und auch in mancher meiner mathematischen Herleitungen gab es Fehler. Das kann einen jungen Menschen schon unglücklich machen. Etwas Trost fand ich darin, dass ich in den Lehrbüchern und in den Skripten meiner Professoren ebenfalls logische und mathematische Fehler finden konnte.

## **Karl Raimund Popper**

Vom Perfektionszwang hat mich die Lektüre von Karl Raimund Poppers Aufsatzsammlung „Objektive Erkenntnis“ geheilt: Wenn Theorien nur so lange gelten, bis ihre Falsifizierung stattgefunden hat, können Fehler eigentlich nichts absolut Verdammenswertes sein. Die Widerlegung der Theorie, dass alle Schwäne weiß sind, habe ich im Wörlitzer Park gefunden.

Die Heilung von der Angst vor Ideenlosigkeit ließ noch auf sich



warten. Dabei hätte mich stutzig machen sollen, dass Popper der schöpferischen Seite von Wissenschaft keine große Aufmerksamkeit zukommen lässt.

Bevor ich mich diesem Thema zuwende, will ich etwas zur Herkunft meines Vortragsthemas sagen. Es ist meine Kurzfassung des Aufsatzes „On Liberty“ von John Stuart Mill. Hier die relevanten Sätze: „Jede Person wird durch die Entwicklung ihrer Individualität wertvoll – für sich und für andere. [...] Nichts wurde jemals getan, was nicht einer als Erster getan hat. Und alle jetzt vorhandenen guten Sachen sind die Früchte der Originalität. [...] Wichtig ist, den ungewöhnlichen Dingen größtmöglichen Freiraum einzuräumen, so dass sich im Laufe der Zeit herausstellen kann, welche sich dazu eignen, als Norm übernommen zu werden.“

Das Perfektionsstreben ist der Schöpfungskraft offenbar nicht dienlich. Wie steht es mit den anderen Tugenden, die wir in unseren Vorträgen und Kursen so hoch rühmen? Wichtig für den Berufserfolg seien Teamfähigkeit, Flexibilität und Kundenorientierung, die Fähigkeit der Selbstorganisation und ein ganzes Bündel weiterer so genannter Soft-Skills – so sagen wir.

Jetzt muss ich für eine Weile ganz schön negativ werden. Es geht nämlich um

## ***Populäre Irrtümer, den schöpferischen Prozess betreffend***

### **Irrtum 1: Der schöpferische Prozess ist Teamwork**

Schauen wir uns doch einmal an, was die wirklich erfolgreichen Erfindungen sind, solche, die noch heute unser Leben bestimmen. Wir sehen: Immer steht der *Zufall* am Anfang und nur eine Person: *Das Genie* mit guter Wissensbasis, das die Chance erkennt, das über Leidenschaft und eine gehörige Portion Ausdauer zur Umsetzung seiner Idee verfügt.

Hundert kluge Köpfe bringen nicht hundertmal klügere Ideen zum Vorschein als einer allein. Der Geistesblitz ereignet sich notgedrungen in einem *einzigem Kopf*.

Ein Kollege sagte mir einmal: In seinem Fachgebiet würden die wissenschaftlichen Arbeiten meist von Autorenkollektiven hervorgebracht. Ich habe mir seinerzeit verkneipen, ihm zu sagen, dass ich Arbeiten mit mehr als zwei Autoren normalerweise nicht lese. Denn die Erfahrung hat mich gelehrt, dass in solchen Arbeiten eigentlich nie etwas wirklich Interessantes zu finden ist.

Von dem großen Informatiker *Niklaus Wirth* wissen wir, dass er sich aus den Gremien zurückzog, deren Ziel die Schaffung einer Nachfolgerversion der Programmiersprache Algol sein sollte. Er schuf die elegante und schlanke Programmiersprache Pascal. Und diese Sprache hatte gewaltigen Einfluss auf die weitere Entwicklung der Informatik. Das Gremienprodukt Algol 68 hingegen hat sich den Ruf eines komplexen Kuriosums erworben.

*Konrad Zuse* hat den Computer allein in seinem Kopf ersonnen. Dieser Fall ist besonders eindrucksvoll. Denn: Als ein Nachbau des Zuse-Rechners Z1 für das technische Museum in Berlin anstand, musste er selbst – obwohl bereits in sehr hohem Alter – diese Sache in die Hand nehmen. Es gab sonst niemanden, der sich damit auskannte.

Nun zum

### **Irrtum 2: Das Neue ist planbar**

Im Jahr 1886 formulierte *Ludwig Boltzmann* den Aphorismus: „Nirgends weniger als in den Naturwissenschaften bewahrheitet sich der Satz, dass der gerade Weg der kürzeste ist.“ Die Alchimisten richteten all ihre Anstrengungen auf die Herstellung von Gold – und sie schufen etwas gewaltiges Neues: unsere Chemie. Gold kam nicht dabei heraus.

In Wildwestfilmen spielen Telegraphen oft eine Schlüsselrolle. Sie erinnern sich an „Stage Coach“ von John Ford oder „High Noon“ von Fred Zinnemann. Allerdings brauchte man zur Zeit des „Wilden Westens“ für jede Kommunikationsverbindung zwischen zwei Stationen und für jede Übertragungsrichtung ein extra Kabel. Abhilfe versprach der *Mehrfachtelegraph*, mit dem sich riesige Kabelmengen würden einsparen lassen.

Tatsächlich suchten in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts viele Leute nach einer technischen Lösung. Greifen wir zwei von Ihnen heraus: *Elisha Gray* und *Alexander Graham Bell*. Gray war als Ingenieur und Teilhaber eines Telegraphenherstellers profimäßig auf der Suche nach dem Mehrfachtelegraphen. Seine Versuchsapparaturen entsprachen den technischen Standards. Bell hingegen war als Amateur unterwegs. Sein eigentliches Gebiet war die Sprachziehung. Seine Apparate waren eher Bastelarbeiten.

Aber zweierlei widerfuhr beiden: Erstens blieb ihre Suche nach dem Mehrfachtelegraphen erfolglos, und zweitens fanden beide unabhängig voneinander und durch puren Zufall, dass man mit den Apparaten telefonieren kann. Bei Bell beispielsweise war es ein spontaner Einfall als er zwei Jungen zusah, die mit einer Art „Dosentelefon“ spielten.

Manchmal geht es weitaus dramatischer zu. „Menschliches Versagen“ ist im Spiel. Aus gutem Grund setze ich diesen Begriff stets in Anführungszeichen. Denn: Fehler machen gehört zu den wichtigen Fähigkeiten des Menschen. Er ist kein Automat. Viele Erfindungen und Entdeckungen wären ohne Regelverstöße oder Fehler nicht zustande gekommen.

Elisha Gray kam nämlich erst auf die entscheidende Idee, als sein Neffe den Versuchsaufbau des Mehrfachtelegraphen zweckwidrig mit der Zinkbadewanne verbunden hatte und die elektrischen Schwingungen dadurch hörbar wurden.

Die Geschichte der Bahn brechenden Neuerungen ist voll mit Fällen „menschlichen Versagens“: Galileo Galilei hat ein Spielzeug zweckentfremdet, es sozusagen bestimmungswidrig gen Himmel gerichtet. Dabei hat er die Jupitermonde, die Saturnringe und die Venusphasen entdeckt – und ein Weltbild kaputt gemacht. Alexander Fleming bemerkte nach einem Urlaub, dass einige seiner Bakterienkulturen verdorben waren. In der Folge kam es zur Entdeckung des Penicillins.

Projektmanagement will Fehler ausschließen. Wozu hätte man es sonst. Und das gilt auch für das Management von Forschungsprojekten. Verhalten, das vom so festgelegten Pfad der Tugend abweicht, ist „menschliches Versagen“. Das ist so, als wolle man dem Neuen überhaupt keine Chance lassen.

### **Irrtum 3: Allein auf den guten Einfall kommt es an**

Was zeichnet den Problemlösungsprozess aus? Gray und Bell haben *rein zufällig die Lösung für ein Problem gefunden, das sie eigentlich gar nicht hatten*. Und das ist der Witz vieler Erfindungen: Die Lösung ist da, bevor das Problem richtig verstanden worden ist. Meist mehrfach und an vielen Orten der Welt. Die Unbeherrschbarkeit des schöpferischen Prozess und seine Allgegenwart sind wohl die Gründe für Poppers Zurückhaltung in dieser Frage.

Die Erfindung macht der, der *das Problem als erster* sieht. Und das war im Falle des Telefons nun einmal Bell, der Fachmann für Sprache. Und darin kommt seine Genialität zum Ausdruck.

Bei der Erfindung des Buchdrucks scheint die Sache ähnlich zu liegen. Es sind weniger die grundlegenden Ideen, die von Gutenberg kommen. Sogar die Sache mit den beweglichen Lettern kannte man wohl schon. Aber Gutenberg hat gesehen, welche Probleme man damit lösen kann.

Ihm ging es um eine Technik, mit der sich stets gleich schöne Schriftzeichen und Schriftbilder in *einem* Buch erzeugen lassen. Die Massenfertigung und Popularisierung von Büchern war ein ursprünglich gar nicht angestrebter Nebeneffekt, den Gutenberg dann aber doch konsequent nutzte.

#### **Irrtum 4: Wer Neues schaffen will, muss flexibel sein**

Flexibilität ist ausgezeichnet, wenn es darum geht, die Ideen eines anderen umzusetzen. Eine prächtige Tugend des Mittelmaßes. Aber schauen wir uns die großen Erfinder und Entdecker an: Hier finden wir Hartnäckigkeit bis hin zur Sturheit. Sie halten gegen alle Widrigkeiten am einmal gefassten Vorhaben fest.

Musterbild eines solchen Sturkopfes ist *Christoph Columbus*: Durch keinen noch so gut begründeten Einwand ließ er sich von der Idee eines kurzen Seewegs nach Indien abbringen. Dabei ging er von einer Vorstellung aus, die den Erdumfang wesentlich unterschätzte und die in der damaligen wissenschaftlichen Welt bereits als gründlich widerlegt galt.

*Konrad Zuse* wurde nach seinem Studium Statiker bei den Henschel-Flugzeug-Werken. Im Jahr 1935 beschloss er, Computererfinder zu werden. „Ich war jung und wusste weit Besseres mit meiner Zeit anzufangen, als sie mit öden Rechnungen zu verbringen. Also suchte ich nach einer Lösung.“ Das sagte Konrad Zuse, als er 1992 auf dem FAI-Kolloquium zu uns sprach. Den ersten voll funktionsfähigen Computer hat Zuse 1941 fertig gestellt. Seine Lebenserinnerungen lassen die Unbeirrbarkeit erahnen, die hinter dieser Leistung steckt.



Ich mache noch ein paar Bemerkungen zum Thema

## ***Freiheit und Planung***

Die staatlich geförderten so genannten innovativen Projekte in der Industrie liefern Anschauungsmaterial für die Auswirkungen der Planung im Forschungsbetrieb.

Das zweite Datenverarbeitungsprogramm war wohl, wie auch das darauf folgende dritte, deutschlandweit ein ziemlicher Reinfall. Der Anschluss an die Großrechnerwelt konnte damit jedenfalls nicht hergestellt werden.

Es war bei der Firma AEG anfangs der siebziger Jahre. Die von mir zu lösende Aufgabe, nämlich die Erweiterung eines Simulationsprogramms für elektrische Schaltungen um eine Empfindlichkeitsanalyse im Frequenzbereich, war nicht allzu schwer und ich überlegte mir sinnvolle Erweiterungen, beispielsweise eine Empfindlichkeitsanalyse im Zeitbereich unter Verwendung von Transformationsmethoden. Offenbar hatte sich bis dahin noch keiner gefragt, ob so etwas überhaupt mathematisch zulässig ist.

Abseits vom Hauptpfad des Projekts machte ich mich an den Beweis und zeigte, unter welchen Voraussetzungen die Vorgehensweise erlaubt ist. Ich konnte wissenschaftliche Arbeiten und Veröffentlichungen finden, die diese Voraussetzungen missachteten und die sich im Lichte meiner Resultate als Nonsense entpuppten.

So hatte dieses Großprojekt dann doch einen Nutzen. Als Nebeneffekt kam der „Doktor“ heraus und das brachte mich meinem Ziel Fachhochschulprofessor näher. Aber klar ist: Ich hatte ein Problem gelöst, das *nicht* auf der Agenda des Projekts stand. Es geschah in meiner Freizeit, *frei* vom betrieblichen Zwang.

Oft wird in solchen Projekten tatsächlich etwas Sinnvolles gemacht. Es steht nur nicht in den Projektzielen. Die kreativste Phase kommt am Ende, wenn man dem Geldgeber – bzw. dessen Gutachter – im Abschlussbericht erklären muss, dass das, was er kriegt, er im Grund haben wollte. Das ist wahres „Requirements Engineering“: Anpassung der Anforderungen an die Leistungen.

Ein Vorstandsmitglied bei BBC – später Generalsekretär des VDE – tadelte die Mitarbeiter seinerzeit mit einem der für ihn so typischen Kurzsätze: „Bei Ihnen gehen die Ziele kreativ“. Heute sage ich: gut so. Ein Projekt, das gerade eben sein ursprüngliches Ziel erreicht und nicht mehr, ist aus Sicht des Erkenntnisfortschritts belanglos.



Der damalige BBC-Chef Dr. Herbert Gassert (auf dem Bild in der ersten Reihe der siebente von links), hielt übrigens die hochkarätige Festrede zur Eröffnung unseres Fachbereichs Elektrotechnik. Er schloss seine Rede mit einem Zitat Antoine de Saint-Exupéry's. Ich bringe es hier, weil es zu unserem Thema passt: „Fortschritt ist der Weg vom Primitiven über das Komplizierte zum Einfachen.“

Der Erkenntnisfortschritt, das Neue lässt sich nicht herbeiplanen. Das ist es, was Karl Raimund Popper meint, wenn er sich gegen das „Planen im großen Stil“ wendet.

Jetzt höre ich einen Zwischenruf. Ja, aber Leute des CERN – eine internationale Großforschungseinrichtung in Genf – haben das World Wide Web erfunden. Und das hat ja nun wohl die Welt revolutioniert. Das stimmt. Aber das Internet stand nicht auf der Agenda. Im CERN sitzen eben viele hoch qualifizierte Leute. Und man kann mit keinem Projekt verhindern, dass in klugen Köpfen Kluges passiert.

Die wesentlichen Revolutionen rund um das Internet sind Leistungen Einzelner und sie haben mit dem jeweils aktuellen Hauptstrom oder mit den offiziellen Wissenschaftsprojekten nicht allzu viel zu tun. So war es auch bei der Erfindung des World Wide Web durch den Engländer Tim Berners-Lee.

Beim Erfinden und Erforschen geht es nicht anders zu als in der Natur. Also sehen wir uns einmal an, wie sie zustande kommt,

## ***Die Schöpfungskraft der Natur***

Die Weitergabe des Lösungswissens an künftige Generationen ist stabil und unterliegt dem Dogmatismus. Die Variation des Erbmaterials, des Lösungswissens sozusagen, geschieht rein zufällig und alles andere als zielgerichtet. Erst wenn eine solche Variation von Vorteil ist, kann man sehen, welches Problem damit gelöst worden ist.

Der Fortschritt spielt sich ab im Spannungsfeld zwischen Dogmatismus und Regellosigkeit. Es ist wichtig, den Pfad der Tugend zu kennen und ihm zu folgen. Aber man muss auch die *Freiheit* haben, einmal davon abzuweichen.

Dogmatismus und Zufall sind blind für den Erfolg. Die Bewertung spielt erst bei der Selektion eine Rolle.

In diesem System ist kein Platz für *Willkür*. Sie sehen jetzt auch, warum ich von „Dogmen“ spreche und nicht etwa von „Regeln“, und warum auch das Wort „konservativ“ bei mir nicht vorkommt. Dogmen kommen ohne Begründung aus, genau wie die Axiome in der Mathematik. Sie sind ausschließlich der Selektion unterworfen: entweder sie funktionieren, oder sie funktionieren nicht. Das macht sie mir sympathisch.

Studierende fordern von uns Lehrenden immer wieder motivierende Aktionen. Ich weiß auch nicht, wer sie darauf gebracht hat. Ihnen sage ich: Habt doch Vertrauen. Wir erzählen Euch doch nur Dinge, die wir für Erfolg versprechend halten. Wenn etwas davon Euch im Leben nicht hilft, dann gebt es einfach nicht weiter.

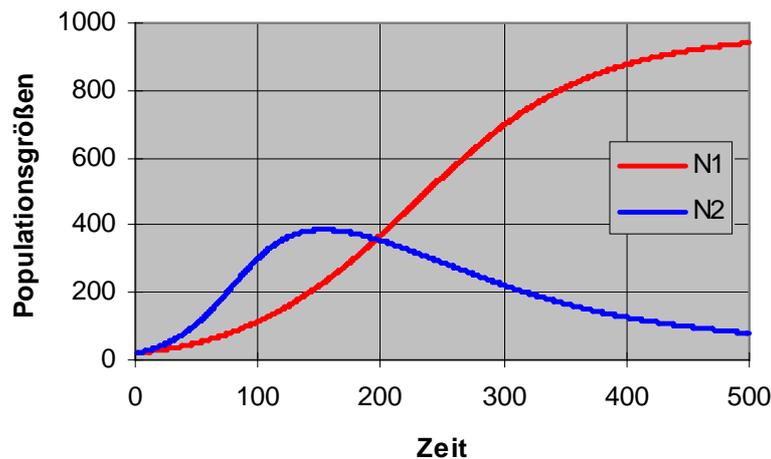
Zunächst will ich den Selektionsprozess unter die Lupe nehmen. Nehmen wir einen Wald: Dort gibt es Ahorn, Buchen, Eichen, Fichten, Birken usw. Aus den Früchten der Buchen werden wieder Buchen und aus Eicheln wieder Eichen. Das ist die dogmatische Seite der Evolution. Beim Kampf um den Lebensraum Wald kommt es zur Konkurrenz zwischen diesen Arten und zur Auslese der jeweils an die Umwelt am besten angepassten.

Fangen wir einmal an mit einem Wald mit nur wenigen Birken und Buchen. Die Birke vermehrt sich relativ schnell. Solange Platz ist, spielt die Birke ihren Selektionsvorteil der schnellen Vermehrung aus.

Doch allmählich wird es eng. Es zeigt sich, dass die Buche im Gedränge die Ressourcen besser nutzt und dadurch besser zurechtkommt. Sie nimmt den Birken unter anderem das Licht weg, denn sie kann einen langen Stamm ausbilden. Das Blattwerk der Buchen entwickelt sich erst weit oben, dort wo die Birke nicht mehr hinkommt.

Der Zuwachs der Birken wird langsamer und kommt zum Erliegen. Und schließlich wird die Birkenpopulation von den Buchen erdrückt, die langsam aber stetig die Herrschaft im Wald übernehmen.

Den typischen zeitlichen Verlauf eines solchen Selektionsprozesses zeigt die Grafik: Anfangs das schnelle Wachstum der so genannten **r**-Strategen (N2), die auf ihre hohe Wachstumsrate bauen, und dann das Aufkommen der unerbittlichen **K**-Strategen (N1), die an der Kapazitätsgrenze und bei knappen Ressourcen erfolgreich sind.



Hochinteressant ist ein weiteres Beispiel: Die Entwicklung kooperativen Verhaltens in einer Welt voller Egoisten, die

### **Evolution der Kooperation**

Für das Modell reduzieren wir die Verhaltensweisen der Individuen auf das Prinzipielle: Jeder kann sich beim Aufeinandertreffen mit einem Gegenüber kooperativ zeigen oder er kann betrügen.

In der Tabelle sieht man beispielhaft, zu welchen Ergebnissen das Verhalten der Kontrahenten führt – es ist die Gewinnmatrix des so genannten Gefangenendilemmas. Wenn beide kooperieren, machen sie einen mittleren Gewinn. Wenn beide betrügen, hat keiner etwas davon. Den größten Gewinn macht ein Betrüger, der auf einen Kooperationswilligen trifft. Letzterer ist am schlechtesten dran.

Nutzen der Aktion	Aktion des Gegenübers	
	Kooperation	Betrug
Kooperation	2	-1
Betrug	4	0

Wenn ich nur einmal auf mein Gegenüber treffe und nicht weiß, wie er reagieren wird, ist es für mich das Beste, zu betrügen. Denn: Egal was der andere macht, ich fahre mit Betrug jedenfalls besser als mit Kooperation. Da mein Gegenüber nicht anders denkt, läuft es für uns beide auf gegenseitigen Betrug hinaus und keiner von uns hat etwas vom Geschäft. Im Falle der wechselseitigen Kooperation wäre uns beiden besser gedient. Weil ich mich auf den anderen aber nicht verlassen kann, haben wir es mit einem echten Dilemma zu tun.

Die Situation ändert sich grundlegend, wenn die Kontrahenten wiederholt aufeinander treffen und wenn sie sich ihre Erfahrungen mit ihren Kontrahenten merken können.

Vor über 20 Jahren forderte der Politologe Robert Axelrod Kollegen auf, Programme zu schreiben, die die Entscheidung für Kooperation oder Betrug treffen.

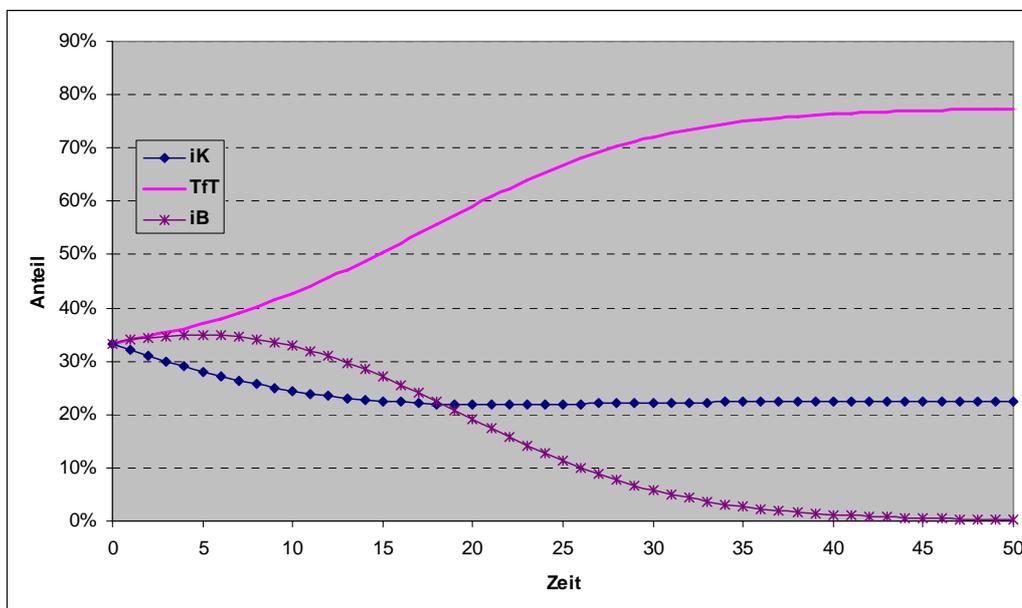
Die Programme können sich das Verhalten ihrer Kontrahenten merken und diese Erfahrungen bei den zukünftigen Zusammentreffen berücksichtigen. Sie haben ein *Gedächtnis* und eine *Entscheidungsstrategie*.

In einer so genannten ökologischen Simulation hat Axelrod Objekte modelliert und ein jedes dieser Modellwesen mit einer dieser Strategien ausgestattet. Die Entscheidungsstrategien sind sozusagen die Erbsubstanz, die Gene der Objekte.

In einer von diesen Modellwesen besiedelten Welt treffen nun die Wesen rein zufällig aufeinander und machen Gewinn und Verlust gemäß der Gewinnmatrix des Gefangenendilemmas. Je erfolgreicher ein Wesen ist, desto eher hat es Chancen auf Nachkommen. Diesen Nachkommen gibt es sein Verhaltensprogramm weiter. Die erfolgreichen Verhaltensprogramme verbreiten sich. Die erfolglosen Programme werden seltener.

Bereits mit einem Tabellenkalkulationsprogramm wie Excel können Sie eine einfache Simulation dieser Vorgänge durchführen. Ich habe das mit den folgenden Strategien einmal gemacht:

- iK also „immer kooperieren“ steht für den gutmütigen Trottel. Er ist freundlich, nachsichtig und nicht vergeltend.
- TfT oder Tit for Tat bedeutet „wie du mir, so ich dir“. Der TfT-Strategie ist freundlich, vergeltend – das heißt, er schlägt zurück – und versöhnlich.
- iB heißt „immer betrügen“, dieser konsequente Betrüger ist unfreundlich und unversöhnlich.



Die Grafik zeigt anfangs den erwarteten Verlauf: Der gutmütige Trottel wird vom konsequenten Betrüger ausgenutzt. Tit for Tat ist dagegen immun und lebt gut mit Seinesgleichen. Der konsequente Betrüger beraubt sich seiner Lebensgrundlage. Mit der Ausbeutung der gutmütigen Trottel vermindert er seine Wachstumsrate. Er stirbt aus noch bevor er die gutmütigen Trottel endgültig vernichtet hat. Diese leben nach dem Verschwinden der Betrüger in Frieden mit den freundlichen Tit for Tat. Man kann sogar sagen, dass sie die eigentlichen Ausbeuter

sind: Die „Superguten“ lassen andere für sich kämpfen. Sie sind Trittbrettfahrer und keine guten Vorbilder.

Und das sind die Merkmale erfolgreicher Strategien: Der kurzsichtige Egoist hat keine Chance. Erfolgreich ist der „Weitwinkelegoist“. Die erfolgreichen Strategien sind

- freundlich,
- vergeltend,
- versöhnlich und
- berechenbar – das heißt: sie sind einfach und klar.

Ok. Das Gute setzt sich auf lange Sicht gesehen durch. Das ist beruhigend. Aber was ist mit der Entstehung des Guten?

Vor über zwanzig Jahren, 1989, habe ich mich mit dem Problem auseinandergesetzt und ein Pascal-Programm geschrieben, das den Evolutionsprozess und die Entstehung des Guten nachbilden sollte.

Die Verhaltensprogramme werden in diesem Programm durch Zeichenfolgen festgelegt. Jeder Zeichenfolge entspricht ein Verhaltensprogramm. Dadurch schafft man sich ein Universum von Entwicklungsmöglichkeiten und potentiellen Charakteren. In diesem ersten Programm ließen sich 256 verschiedene Charaktere darstellen.

Wird eine Welt nun mit einer Zufallsauswahl von möglichen Strategien bevölkert, kann man einen Selektionsprozess simulieren. Durch das Einführen von Mutationen, also durch das fehlerhafte Kopieren der Zeichen bei der Weitergabe des Erbguts, kann man das schöpferische Chaos vergrößern und hoffen, dass unter den vielen so erzeugten Individuen auch ein paar kooperativ Gesinnte sind.

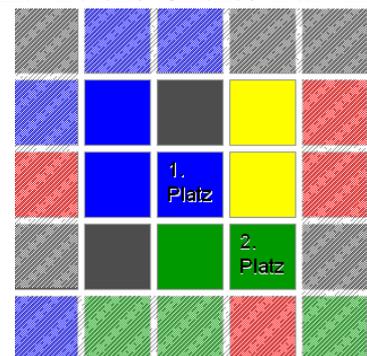
Dieser frühe Simulationsversuch endete in Ernüchterung: In einer wild zusammen gewürfelten Welt mit einer großen Vielfalt von Charakteren hat das Gute keine Chance. Es sind immer zu viele feindlich gesinnte Seelen da, mit denen das Neue zu tun hat. Während der Böse nämlich immer sofort seine Ernte einfährt, braucht der Kooperative etwas Zeit, weil er erst einmal sehen muss, wem er vertrauen kann und wem nicht. Das sind die Folgen des *globalen Wettbewerbs*, bei dem jeder gegen jeden antreten muss.

1994 erfuhr ich von der Debatte um den afrikanischen Ursprung des Menschen. Das gab mir neue Impulse und ich verbesserte das

## **Simulationsmodell**

Mir wurde klar: Das Problem lässt sich lösen, wenn nicht mehr jeder auf jeden gehetzt wird, sondern wenn man Isolationsmechanismen einführt oder wenn man wenigstens die Ortsgebundenheit der Individuen als weiteres Element der Evolution hinzunimmt. Der Mensch beispielsweise hatte eine Chance, weil ein Grabenbruch mit Wasserflächen seinen Lebensraum Savanne vom Urwald, dem Lebensraum seiner Vorfahren, trennt. Bereits Charles Darwin hatte angesichts der Artenvielfalt auf den Galápagos-Inseln auf die schöpferische Rolle der Isolation hingewiesen.

Im April 2007 schrieb ich das Java-Programm KoopEgo, das die Grundideen von Axelrods Computerturnieren mit der 1975 von Manfred Eigen und Ruthild Winkler veröffentlichten Idee der *Kugelspiele* kombiniert. Die Welt des Simulationsmodells bekommt nun eine Schachbrettstruktur und hat typischerweise die Ausmaße von 80 mal 80 Feldern. Und es sind mehr als 30 000 verschiedene Strategien darstellbar.



Jedes Individuum hat ein Gedächtnis, eine Strategie und eine gewisse, in den Interaktionen mit den anderen gewonnene, Lebenskraft; und es trifft nur auf Individuen seiner engeren Nachbarschaft.

Jeder Spielzug dieser Simulation sieht so aus: Es wird ein Feld ausgewählt und in der engeren Umgebung dieses Feldes ein weiteres. Die Auswahl wird jeweils vom Zufall regiert.

Sind beide Felder besiedelt, interagieren die Individuen nach den Regeln des Gefangenendilemmas und verändern ihre jeweilige Lebenskraft entsprechend dem Ausgang dieses Treffens. Hat das Wesen im Zentrum im Vergleich mit den Individuen seiner Umgebung eine zu geringe Lebenskraft, kann es mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auch sterben. Es entsteht ein leeres Feld.

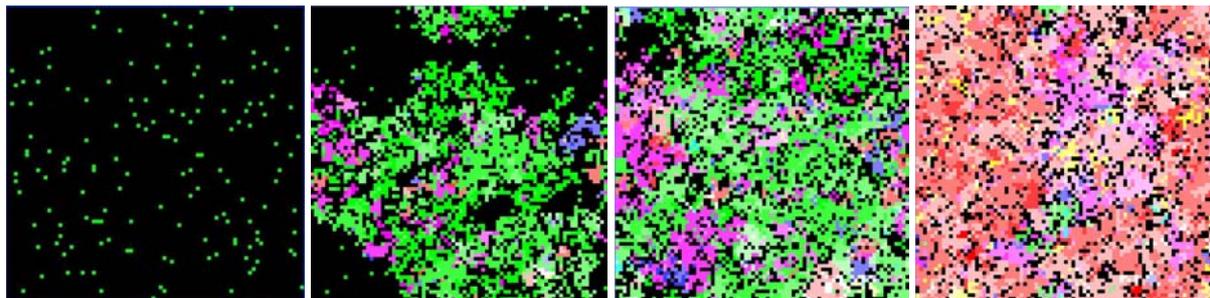
Ist das ursprünglich ausgewählte Zentrum leer, wird entschieden, ob das zweite Individuum aus der Umgebung genügend Lebenskraft für Nachkommen hat. Falls das der Fall ist, bekommt es mit gewisser Wahrscheinlichkeit einen Nachkommen, der das zentrale Feld einnimmt. Die Strategie des Nachkommen kann gegenüber dem Elter durch Mutationen geringfügig verändert sein. So bekommt das Neue eine Chance.

In einer solchen Welt kann sich unter Nachbarn Vertrauen aufbauen. Und gemeinsam werden diese dann stark genug für die Auseinandersetzung mit den anderen.

Um das Geschehen in der Welt gut verfolgen zu können, habe ich jedem Charakter eine Farbe gegeben. Die freundlichen und grundsätzlich kooperativen Strategen Tit for Tat, der Vergelter, der immer Kooperationsbereite sowie eine Pawlow-Strategie sind rot, gelb und blau. Die Strategien Immer Betrügen und Hinterlist sind giftige Charaktere. Sie sind grün und zyanfarben.

Wir spielen jetzt eine Simulation einmal durch. Ich öffne das Programm und lade einen vorbereiteten Datensatz für die Simulation. Ich drücke auf den Startknopf und wir sehen, wie die Welt aus 80 mal 80, also insgesamt 6 400 Feldern sich öffnet.

Wir beginnen im Zustand vollständiger Ödnis und Trostlosigkeit. Die Welt ist nur dünn besiedelt, und zwar mit den giftgrünen lupenreinen Betrügern. Ihnen fehlt jegliche Kooperationsbereitschaft.



Die gute Tat kommt erst durch den blinden Zufall ins Spiel. Bei der Vererbung der Strategien treten gelegentlich Mutationen auf und außerdem kann es zu Irrtümern kommen: Ein vorsätzlicher Betrug entpuppt sich zuweilen als Kooperation. Auch kommt es vor, dass jemand kooperieren wollte und es wird ein Betrug daraus.

Im Evolutionsprozess lassen sich grob vier Phasen unterscheiden – illustriert durch die vier Screenshots. In der *ersten Phase* regiert allein der *Zufall*, denn ohne Fehler läuft gar nichts. Da hier nur derjenige Nachkommen haben kann, dessen Lebenskraft sich über den Durchschnitt seiner Nachbarn erhebt, scheint die Lage aussichtslos zu sein. Bei wechselseitigem Betrug geht jeder leer aus. Aber es gibt ja die Irrtümer. Versehentlich tut einer seinem Nachbarn einen Gefallen, und schon hat dieser die Kraft für Nachkommen.

In der *zweiten Phase* kommt es zu *selektionsneutralen Mutationen*. Es entstehen Wesen, die zwar auch nicht erfolgreicher sind als die Betrüger, die aber das Potential für positive Veränderungen in sich tragen. Die Welt wird bunter. Es entsteht ein *schöpferisches Chaos*.

In der *dritten Phase* kommt es zu einzelnen Fällen von Nachbarschaftshilfe und endlich auch zu Inseln, in denen die ertragreiche Kooperation vorherrscht. Das ist der Durchbruch!

In der *vierten Phase* regiert die Notwendigkeit. Auf den Inseln der Kooperation steigt die Lebenskraft der Individuen. Das kooperative Verhalten (rot, gelb und blau) breitet sich aus und verdrängt das betrügerische Verhalten. Der Selektionsprozess mündet in einen Zustand dynamischer Stabilität. Das Gute siegt.

Das hier von mir angesprochenen Java-Programm und das Excel-Arbeitsblatt sind auf meiner Web-Page frei zugänglich und herunterladbar. Wer sie nicht gleich finden kann oder damit nicht zurechtkommt, schreibt mir am besten eine E-Mail. Ich helfe dann.

Diese Simulation lässt sich ohne Weiteres auf das wirkliche Leben abbilden:

1. Der innovative Prozess startet bei den *Individuen*. Er geht von unten nach oben und nicht etwa von oben nach unten.
2. Benötigt werden *Freiräume* und *Vielfalt*. Damit werden Fragezeichen hinter die Forderung nach möglichst europa- oder weltweiter Standardisierung im Bildungswesen gesetzt. Das föderale System sieht im Licht der Simulationsergebnisse gar nicht so schlecht aus.
3. Die Simulationsergebnisse liefern auch starke Argumente für das *Subsidiaritätsprinzip*: Der Erfolg beginnt mit den kleinen Kolonien von Guten. Erst muss man seine eigene Hütte in Ordnung bringen, bevor man in den Wettbewerb mit den anderen eintritt.

Es mag Ihnen vielleicht nicht aufgefallen sein. Aber ich bin bisher konsequent bei meinem Thema geblieben. Eigentlich sind es zwei – wie bei einer klassischen Sonate: Freiheit und Dogmatismus.

Begonnen habe ich mit einer Einleitung. Die Exposition der zwei Themen Freiheit und Dogmatismus kamen in der Gestalt allgemeiner Aussagen zum schöpferischen Prozess. In der Durchführung wurden die Themen in der Form von Computerprogrammen abgehandelt. Nun sind wir bei der Reprise wobei ich das Thema erneut etwas variere. Dann erfolgt der Schlussakkord.

## ***Die Methode der Natur***

ist charakterisiert durch Freiheit einerseits und Dogmatismus andererseits, oder anders ausgedrückt: durch Zufall einerseits und Notwendigkeit andererseits.

Und diese Methode ist es auch, die uns zu unseren kulturellen Großtaten führt. In der Technik geht man seit zwei, drei Jahrzehnten sogar so weit, diese Methode in die Computer einzubauen. Das nenne ich „automatisierte Kreativität“.

Diese Programme helfen uns, so genannte schwere Probleme zu lösen. In meinem letzten Forschungssemester habe ich mit automatisierter Kreativität experimentiert und Probleme der Fabrikplanung und der Fahrweisensteuerung für ICE-Züge gelöst.

Auch in Architektur, Musik und Malerei wird die Methode der Natur wirksam. Ich bringe ein paar Beispiele. Mich beeindruckt beispielsweise das Raumgefühl, das die gotischen Kathedralen vermitteln – hier die *Kathedrale von Reims*. Wie erreicht man einen Raum so voller Licht? Indem man Kreuzrippengewölbe einführt und Fenster an die Stelle von Wänden setzt.

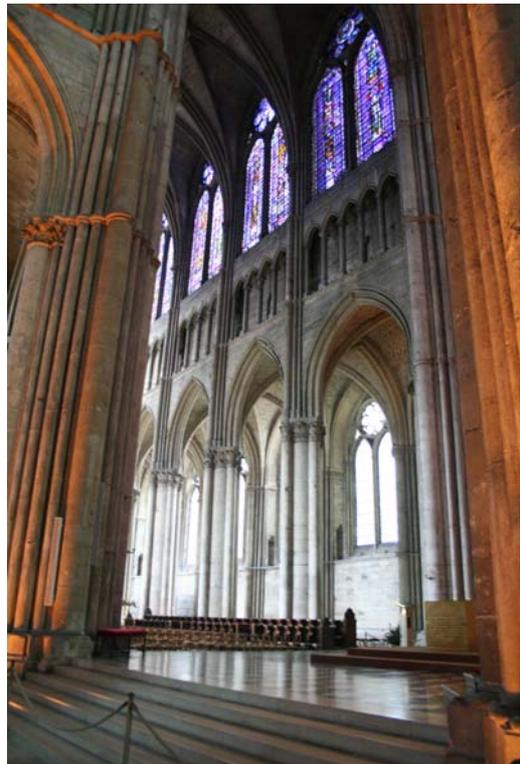
Dass die oberen Fenster, die des Mittelschiffs, dieselben Maße wie die Fenster der Seitenschiffe haben, vervollständigt den überwältigenden Eindruck.

Diese Gleichförmigkeit kommt dem Trend der Gotik zur Standardisierung entgegen. Die Bauelemente wurden weitgehend bereits in den Steinbrüchen vorgefertigt. Die Bauhütte bestellte diese normierten Elemente in großen Mengen.

Wollten Baumeister des Mittelalters etwas Neues wagen, stand vor allem eine Methode zur Verfügung: *Ausprobieren*. Man führe sich vor Augen: Das Zeitalter Newtons und Leibniz' lag noch mehrere Jahrhunderte in der Zukunft. Die Mathematik hatte damals noch keine Differential- und Integralrechnung zu bieten.

Beim Ausprobieren kam es auch zu Fehlschlägen, und mancher Bau stürzte ein. Erfolgreiche Lösungen wurden von anderen Baumeistern übernommen und breiteten sich aus. Das ist die Methode der Natur.

Oder nehmen wir ein Beispiel aus der Musik. Auch dort finden wir Dogmatismus und die Freiheit für Neues.



Die *Fünfte von Beethoven* hat vier Sätze, ganz nach den Regeln der Klassik: Sonatensatz, langsamer Satz, Scherzo (wenn auch nicht so genannt) und Finalsatz. Erst auf der Grundlage dieser „Dogmen“ kann die umwerfende neue Idee zur Wirkung kommen: Das revolutionäre Zusammenfügen der Sätze zu einem ins riesenhafte gesteigerten Ganzen. Das klassische Schema wird zugunsten einer übergreifenden Entwicklung durchbrochen.

Jeder Lernprozess beginnt mit Betroffenheit, mit Verstörung, mit Stress. Die Bilder von Salvador Dalí wollen verstören, so auch das [Bild von der zerfließenden Zeit](#). Das gelingt Dalí, weil wir üblicherweise fest verankerten Dogmen und Denkgewohnheiten folgen, weil wir klare und eindeutige Strukturen kennen. Dafür sind die Uhren ein Bild. Erst auf der Basis solcher Dogmen kann sich die verstörende Wirkung entfalten, die entsteht, wenn man die Uhr als zerfließenden Camembert sieht.

Damit bin ich beim Schlussakkord. Ich sage Ihnen jetzt, was auf der Sonnenuhr des Hochzeitsturms zu Darmstadt steht. Es ist ein Gedicht von Rudolf Georg Binding.

Der Tag geht über  
mein Gesicht  
die Nacht sie tastet  
leis vorbei  
und Tag und Nacht ein  
Gleichgewicht  
und Nacht und Tag ein  
Einerlei



und ewig kreist die  
Schattenschrift  
leblang stehst du im  
dunklen Spiel  
bis dich des Spieles  
Deutung trifft  
die Zeit ist um - du  
bist am Ziel