



# Management des Nichtwissens

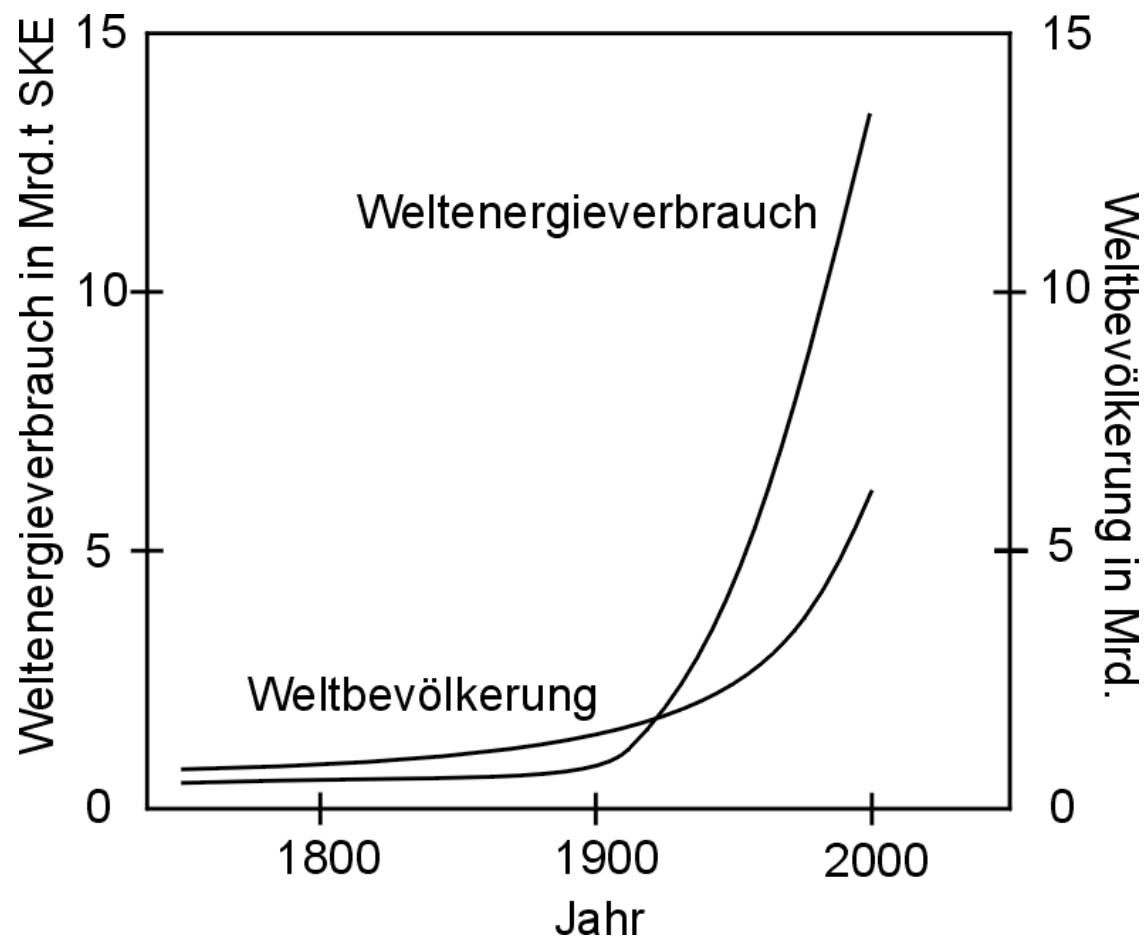
Prof. (em.) Dr.-Ing. Michael F. Jischa  
Institut für Technische Mechanik

Workshop der GOR-Arbeitsgruppen  
„Entscheidungstheorie und- praxis“ und „OR im Umweltschutz“  
im Energieforschungszentrum Niedersachsen (EFZN)  
Goslar 1./2. März 2002

Bilder und Tabellen aus Jischa (2005) „*Herausforderung Zukunft*“ oder aus  
Jischa (2004) „*Ingenieurwissenschaften*“, sofern nicht anders bezeichnet.

**Der technische Fortschritt** beeinflusst mit beschleunigter Dynamik unsere **Arbeitswelt** und unsere **Lebenswelt**.  
Konsequenzen:

- **„Gegenwartsschrumpfung“** (Lübbe 1994)  
Die Zeitdauer konstanter Arbeits- *und* Lebensverhältnisse nimmt laufend ab. Der Aufenthalt in der Gegenwart verkürzt sich ständig.
- **„Popper-Theorem“** (Popper 1987)  
Wir können immer mehr wissen und wir wissen auch immer mehr. Aber eines werden wir niemals wissen können, nämlich was wir morgen wissen werden, denn sonst wüssten wir es bereits heute.
- *„Risk comes from not knowing what we are doing“.* (Buffet)
- *„Die Zukunft ist auch nicht mehr das, was sie einmal war“.* (Valentin)

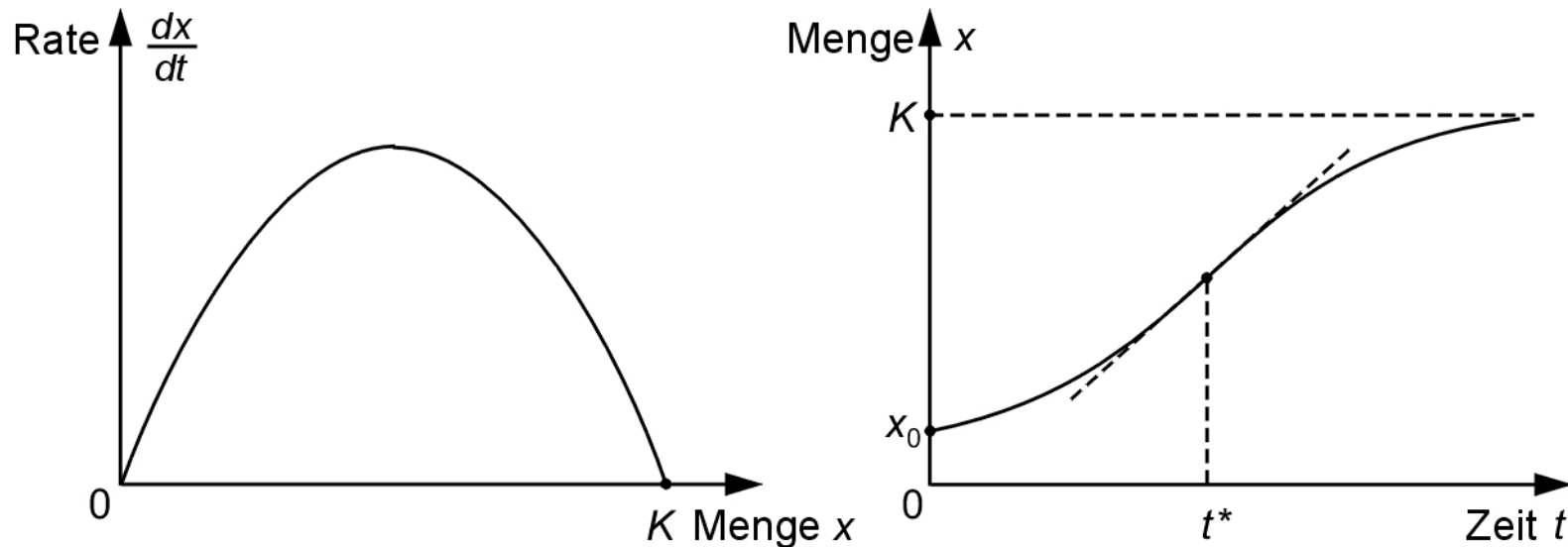


## Weltbevölkerung und Weltenergieverbrauch

## McNeill (2003) „*Blue Planet*“ : „Das Maß des 21. Jh.“ Wachstumsfaktoren von 1890 bis 1990

■ Weltbevölkerung	4
■ Städtische Weltbevölkerung	13
■ Energieverbrauch	13
■ Weltwirtschaft	14
■ Industrieproduktion	40
■ Kohlendioxidemission	17
■ Wasserverbrauch	9
■ Meeresfischfang	35
■ Blauwalpopulation (südl. Eismeer)	0,0025 (99,75% Abnahme)
■ Finnwalpopulation	0,03 (97% Abnahme)
■ Vogel- und Säugetierarten	0,99 (1% Abnahme)
■ Bewässerte Fläche	5
■ Bewaldete Fläche	0,8 (20% Abnahme)
■ Ackerland	2

Wachstum mit Begrenzung, **K** beschreibt die **Kapazität** des Systems



**2.10 Logistisches Wachstum.** Der Ansatz  $\frac{dx}{dt} = \dot{x} = rx\left(1 - \frac{x}{K}\right)$  besagt, dass für Werte  $x \ll K$  die Größe  $x$  zunächst exponentiell wächst und das Wachstum mit steigenden  $x$ -Werten ständig abnimmt. Zu der Zeit  $t = t^*$  liegt maximales Wachstum vor, die Kurve  $x(t)$  hat dort den steilsten Anstieg. Dieser nimmt anschließend wieder ab. Auch dieser Ansatz lässt sich geschlossen integrieren. Mit  $x = x_0$  für  $t_0 = 0$  folgt:  $\frac{x}{x_0} = \frac{K/x_0}{1 + \left(\frac{K}{x_0} - 1\right) \exp(-rt)}$ .

## Konkurrenz-Modell (Gause-Modell)

Zwei Tierarten  $x$  und  $y$  bewohnen ein gemeinsames Gebiet und konkurrieren miteinander um Nahrung und andere gemeinsame Ressourcen. Jede Art kann für sich allein gedeihen und wächst nach dem logistischen Wachstumsgesetz, da keine äußeren Feinde vorliegen. Beispiel: Hasen und Kaninchen.

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = r \cdot x \left( 1 - \frac{x}{K} \right) - a \cdot x \cdot y$$

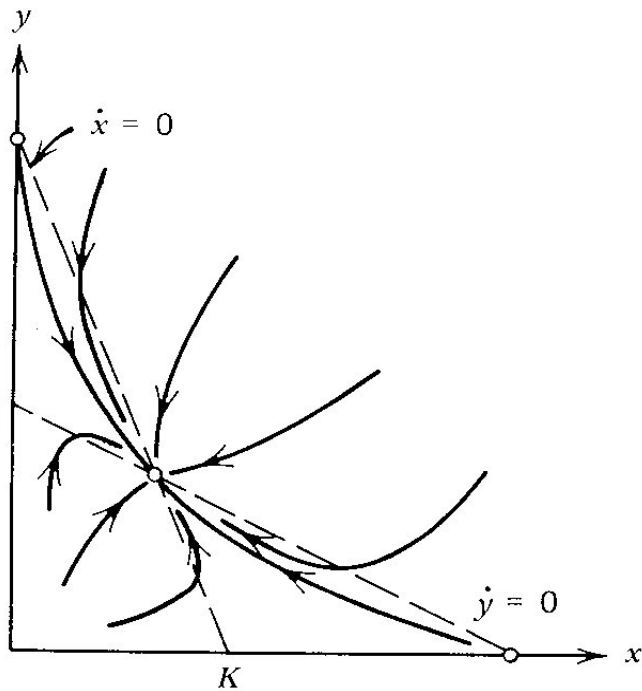
$r$  und  $s$  sind Wachstumsraten

$K$  und  $L$  sind Kapazitätsgrenzen

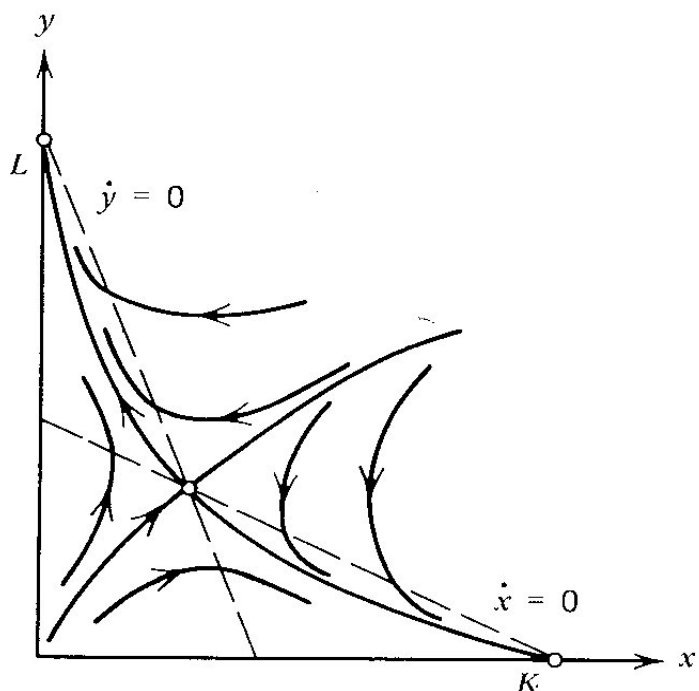
$$\frac{dy}{dt} = \dot{y} = s \cdot y \left( 1 - \frac{y}{L} \right) - b \cdot x \cdot y$$

$a$  und  $b$  beschreiben die Konkurrenzvorteile

Der letzte Term drückt die Konkurrenz um die gleiche Nahrungsquelle aus. Er ist dem Produkt  $x \cdot y$  proportional, dadurch kommt die *Nichtlinearität* zum Ausdruck.



(a)

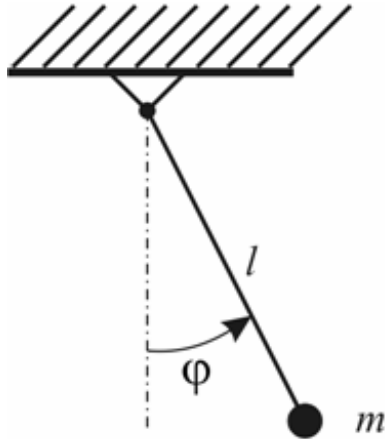


(b)

## Numerische Lösungen des Konkurrenzmodells

Aus Clark (1990) „*Mathematical Bioeconomics*“

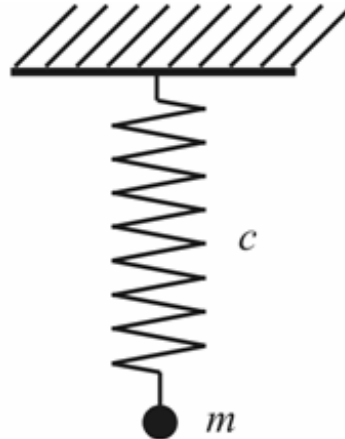
Siehe auch Jischa (2004) „*Ingenieurwissenschaften*“



Punktpendel PP

$$\ddot{\varphi} + \omega^2 \varphi = 0$$

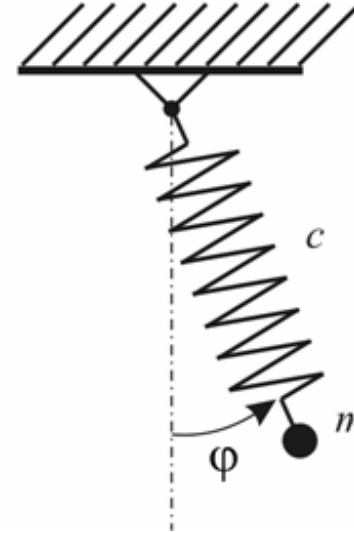
$$\omega^2 = \frac{g}{l}$$



Feder-Masse-Pendel FMP

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

$$\omega^2 = \frac{c}{m}$$



PP + FMP

?

Für das PP, das FMP und ebenso für ein Körperpendel, eine Drehschwingung und einen elektrischen Schwingkreis folgt als **analytische Lösung** der Schwingungsgleichung eine **Sinus-Schwingung**. Eine **Lösung** für die Überlagerung **PP + FMP** kann **nur numerisch** erfolgen.

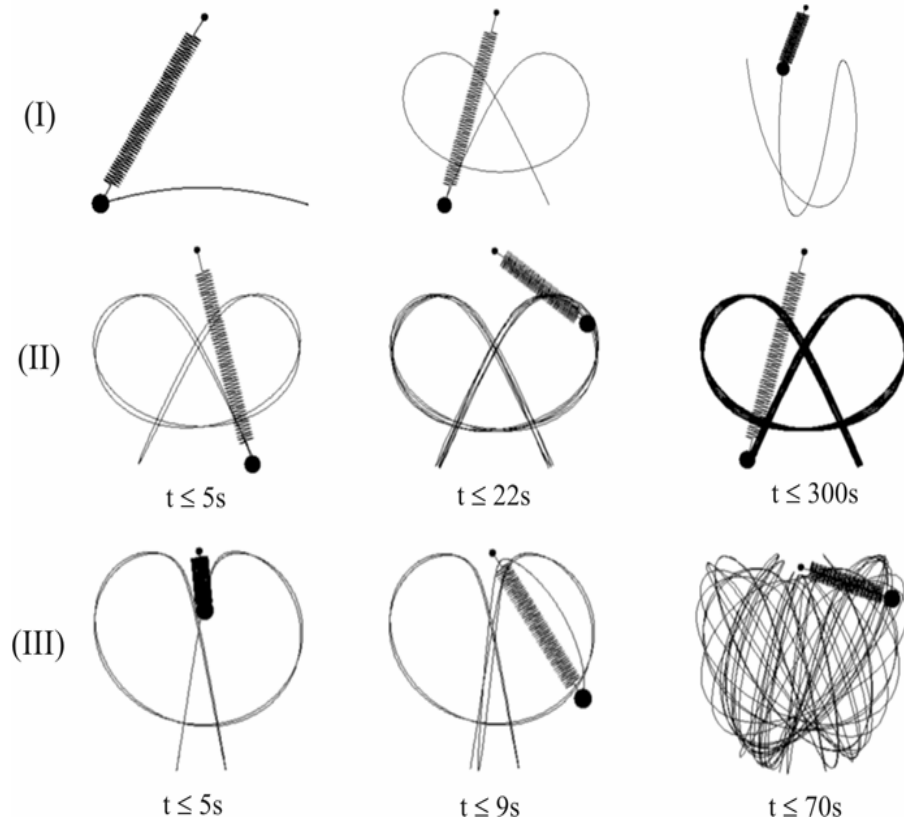


Aus dem Impulssatz folgt in horizontaler (x-) Richtung und in vertikaler (y-) Richtung:

$$\ddot{x} = \frac{c}{m} x \frac{\sqrt{x^2 + y^2} - l_0}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$\ddot{y} = \frac{c}{m} y \frac{\sqrt{x^2 + y^2} - l_0}{\sqrt{x^2 + y^2}} + g$$

**Gekoppelte nichtlineare Dgln.**  
Keine analytische Lösung, es muss **numerisch integriert** werden.  
Grund für die *Nichtlinearität*: Die Pendellänge ist von der *veränderlichen* Federlänge abhängig.



Je nach Anfangsbedingung gibt es drei Fälle:

- (I) Periodische Bahnkurven
- (II) Quasiperiodische Bahnkurven
- (III) Chaotische Bahnkurven

Aus Jischa in: von Gleich, Gößling-Reisemann (Hg.) (2008) „*Industrial Ecology*“

## Folgerungen

### 1. **Reale Systeme sind *nichtlinear*, charakterisiert durch**

- Rückkopplungen, Eigendynamik
- Starker Einfluss der Anfangsbedingungen auf die Lösung („Deterministisches Chaos“)
- „***Tipping Points***“
- Intransparenz durch Unübersichtlichkeit, Unvollständigkeit, Ungenauigkeit, Vagheit, Unschärfe
- Emergenz und Synergie (Haken)
- Selbstorganisation (Prigogine)
- Vernetztheit → Wirkungsnetze statt Wirkungsketten

### 2. **Das Management komplexer Systeme ist problemorientiert**

- Die Entscheidung ist dringend
- Die Sachlage ist ungewiss/unsicher/unscharf

## 3. Grundprobleme aller Managementmethoden (DSS)

- Die Suche nach einfachen und aussagefähigen Bewertungsgrößen bewegt sich zwischen zwei Extremen:
    - *Das Einfache ist theoretisch falsch.*
    - *Das Komplizierte ist praktisch unbrauchbar.*
  - Entscheidungen müssen *richtungssicher* sein.
  - „We need quick and dirty methods“.
- **Verständnis für die *Dynamik komplexer Systeme* wecken!**

## Vester (1999) „*Die Kunst vernetzt zu denken*“

„Kein Eingriff in ein vernetztes System bleibt ohne Folgen. In vielen Fällen wirkt ein Eingriff an einer Stelle mit Verzögerungen in teilweise überraschender Weise wieder auf diese Stelle zurück. Dadurch können sich zunächst positiv erscheinende Änderungen über entsprechende Zwischenglieder ins Gegenteil verkehren. Durch **nichtlineare Wechselwirkungen** können sich Prozesse derart beschleunigen, dass sie nicht mehr zu kompensieren sind. Als besonders kritisch erweisen sich Stellen mit **positiver Rückkopplung**, deren Kontrolle auch den stärksten Einsatz rechtfertigt. Eine Berücksichtigung großer Zeiträume und vorbeugendes Denken erspart kostspieliges Gegensteuerungen (und Übersteuerungen) des Systems, es ist effizienter und führt schneller zum Ziel als isoliertes Behandeln inzwischen eingetretener Symptome.“

Siehe hierzu das Simulationsspiel *Ökolopoly* bzw. *Ecopolicy*

## **Dörner (1993) „*Die Logik des Misslingens*“**

„Ein Akteur in einer komplexen Handlungssituation gleicht einem Schachspieler, der mit einem Schachspiel spielen muß, welches sehr viele, etwa einige Dutzend Figuren aufweist, die mit Gummifäden aneinander hängen, so daß es ihm unmöglich ist, nur *eine* Figur zu bewegen. Außerdem bewegen sich seine und des Gegners Figuren auch von allein, nach Regeln, die er nicht genau kennt oder über die er falsche Annahmen hat. Und obendrein befindet sich ein Teil der eigenen oder fremden Figuren im Nebel und ist nicht oder nur ungenau zu erkennen.“

**Gibbons**, 1979 bis 93 Direktor des Office of Technology Assessment (OTA),  
später Berater von Präsident Clinton;  
aus Kornwachs (1991) „*Reichweite und Potenzial der  
Technikfolgenabschätzung*“

„Vor Jahren litt ein bestimmter Stamm auf Borneo an Malaria. Die Weltgesundheitsbehörde wusste die richtige Antwort, nämlich literweise DDT zu versprühen, um damit die Moskitos zu töten. Sie sprühten, die Moskitos starben und die Malaria ging zurück. Soweit so gut. Doch dann begannen den Leuten die Hausdächer auf den Kopf zu fallen, weil, wie es den Anschein hatte, das DDT auch eine parasitäre Wespenart getötet hatte, die normalerweise Raupen, deren Nahrungsmittel wiederum aus Dachstroh besteht, verzehren. Was aber noch schlimmer war: Das DDT vergiftete Käfer, die dann von einigen Eidechsen oder Schlangen gefressen wurden, die wiederum von Katzen aufgefressen wurden. Die Katzen starben dann, dafür gediehen die Ratten, und die Weltgesundheitsbehörde, die auf diese Weise den Ausbruch einer Rattenplage im Dschungel erzeugt hatte, war dadurch gezwungen, per Fallschirm lebende Katzen über Borneo abzuwerfen.“

## **Machiavelli (1513) „*Der Fürst*“**

„Es verhält sich damit so, wie die Ärzte von der Schwindsucht sagen: Sie ist im Anfangsstadium leicht zu heilen und schwer zu erkennen; ist sie aber fortgeschritten und hat man sie zu Beginn nicht erkannt und geheilt, dann ist es leicht, sie zu sehen, und schwer, sie zu heilen. So ist es auch in der Politik; denn hat man die Übel, die sich im Staat entwickeln, von weitem erkannt, was nur dem klugen Mann gegeben ist, so werden sie schnell beseitigt; wenn man sie aber, ohne sie verstanden zu haben, anwachsen lässt, bis ein jeder sie sieht, dann gibt es kein Heilmittel mehr.“

**Paradoxon der Wissensgesellschaft:** Mit dem verfügbaren Wissen nimmt gleichzeitig das **Nichtwissen** zu; Folgen:

- Wie gehen wir mit der „*Information **Nichtwissen***“ um?
- Statt *Wissensmanagement* geht es um das Management des *unsicheren*, des *unscharfen* und des *Nichtwissens*
- Bei Entscheidungen geht es um das
  - „**Handeln trotz Nichtwissen**“ (Böschen u. a.)
  - „**Management komplexer Systeme**“ (Ludwig)
- Wie können Unternehmen das verborgene Wissen (Tacit Knowledge) der Mitarbeiter nutzbar machen?
- Wie können Unternehmen und Organisationen „lernen“?



## **Fisher (2011) „Katastrophen“**

*Wie die Wissenschaft hilft, sie vorherzusagen*

Original (2011) „**Crashes, Crises and Calamities**“

**Ausblick: Die Zukunft der Vorhersage:** Die Warnsignale können aus Beobachtungen wie aus Simulationen stammen. Sie können klar zu erkennen sein oder schwach und schwer zu deuten. Die **wichtigsten Warnsignale für plötzliche und vielleicht katastrophale Veränderungen unserer Umstände** sind:

- Unerträglicher Anstieg der Belastung
- Konzentration der Belastung auf Schwachstellen
- Hinweis auf unkontrollierbare Entwicklungen
- Verlust der Elastizität, der Fähigkeit, sich von kleinen Störungen zu erholen
- Zunehmende Schwankungen zwischen verschiedenen Zuständen
- Zunahme von Extremzuständen
- Veränderungen der räumlichen Muster

## Abschließendes Fazit und Empfehlungen

- Der Umgang mit Komplexität ist *die* zentrale Herausforderung unserer Zeit. Dafür sind wir schlecht gewappnet, denn unsere Ausbildungsgänge sind nach wie vor reduktionistisch ausgerichtet.
- Der Reduktionismus ist eben so erfolgreich (gewesen!). Er hat uns weit gebracht. Wir haben in der Wissenschaft das Zerlegen und Auseinanderdividieren perfektioniert. Dabei wurde der wesentliche Tatbestand verschüttet, dass es primär um Systeme und deren Verhalten (Stabilität, Beeinflussbarkeit) geht.
- Der Umgang mit Komplexität verlangt mehr. Wir müssen lernen, in Beziehungen zu denken. Wir müssen dem „Dazwischen“ mehr Beachtung schenken. Wir brauchen ein „Denken der Zukunft: Lernen, in Beziehungen zu denken“, siehe von Mutius (2000) „*Die Verwandlung der Welt*“.
- Mutius zitiert den „kybernethischen“ Imperativ, formuliert von v. Foerster: „Handle stets so, dass die Zahl der Wahlmöglichkeit wächst“. Wir müssen *Suchräume* erweitern und nicht verengen, die *Optionenvielfalt* möglicher Lösungen erhöhen und nicht einschränken.

- Dazu brauchen wir neben dem unverzichtbaren *Sachwissen* gleichfalls *Orientierungswissen* und *Transformationswissen*.
- Einfache Rezepte beim Umgang mit Komplexität wird es nicht geben. Die reale Welt ist nichtlinear und neigt zu Überraschungen.
- Zwei Empfehlungen bieten sich an: Da jedes System charakteristische (ungenau bekannte) Totzeiten besitzt, sollten wir nach äußeren Eingriffen einige Zeit (wie lange?) warten, bevor wir erneut eingreifen. Daneben sollten wir stets kleine Eingriffe vornehmen.
- In der Realität helfen solche Empfehlungen häufig nicht weiter. Denn der (reale oder vermeintliche) Entscheidungsdruck ist zumeist hoch, die Sachlage (das System!) ungewiss, die Fakten unsicher, die Entscheidung jedoch dringlich.
- Umso wichtiger ist es, **das systemische Denken im Zentrum der Ausbildung zu verankern!**

## Mit Hinweisen auf ergänzende Literatur

- **Jischa: Ingenieurwissenschaften**  
erschieden in der Reihe „Studium der Umweltwissenschaften“  
Springer, Berlin 2004  
Offizielles Buch zum „Jahr der Technik 2004“
- **Jischa: Herausforderung Zukunft;  
Technischer Fortschritt und Globalisierung**  
2. Auflage, Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg 2005
- Weitere Informationen zu Vorträgen und Veröffentlichungen:  
[www.itm.tu-clausthal.de](http://www.itm.tu-clausthal.de)