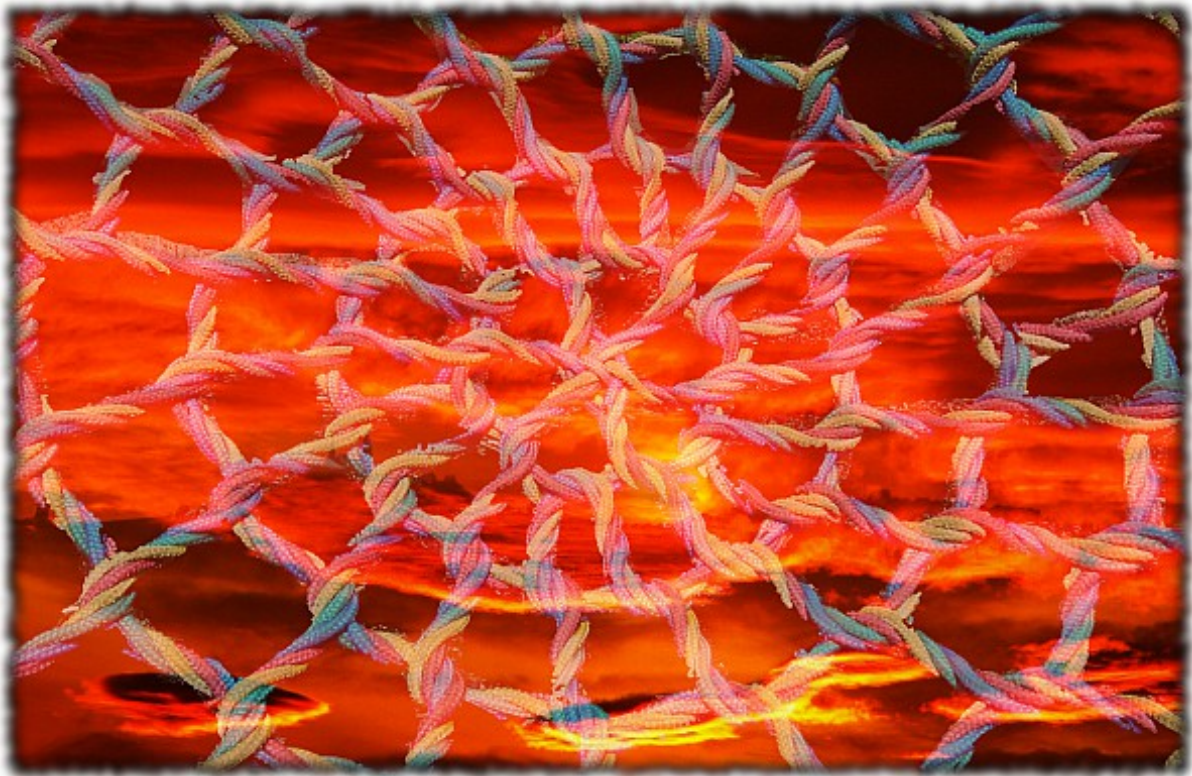


Die vernachlässigten Schattenseiten der Vernetzung

Ein Plädoyer für vernetztes Denken und Handeln



Herbert Saurugg

Wien, Mai 2014



Der vorliegende Entwurf dient als Diskussionsgrundlage und soll noch weiter bearbeitet werden. Sollten Sie kritische Anmerkungen, Ergänzungen, etc. haben, dann lassen Sie es mich bitte wissen: office@ploetzlichblackout.at

Der Autor:

Herbert Saurugg, MSc, war 15 Jahre Berufsoffizier im Bereich der Führungsunterstützung und IKT-Sicherheit beim Österreichischen Bundesheer und ist seit 2012 vom Dienst beurlaubt. Er ist Gründungsmitglied von Cyber Security Austria - Verein zur Förderung der Sicherheit Österreichs strategischer Infrastruktur (www.cybersecurityaustria.at) und Initiator und Koordinator der zivilgesellschaftlichen Initiative „Plötzlich Blackout!“ - Vorbereitung auf einen europaweiten Stromausfall (www.ploetzlichblackout.at) im Rahmen des Resilienz Netzwerk Österreich/Systemic Foresight Institute (www.sysfor.org).

Er beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit Themen wie die Transformation zur Netzwerkgesellschaft, systemische Krisen und strategische Schocks, Kritische Infrastrukturen, Vernetzung und Komplexität, vernetztes Denken, Systemtheorie, Komplexitätstheorie, Selbstorganisationstheorie, Resilienz oder sichere Systemgestaltung.

Kontakt: office@ploetzlichblackout.at

Die vergangenen Jahrzehnte waren durch Wachstum, Wohlstand, Sicherheit und Stabilität gekennzeichnet. Die bipolare Welt des Kalten Krieges mit dem Gleichgewicht des Schreckens endete vor 25 Jahren. Danach formte die Globalisierung unsere heutige Weltordnung. Eine wesentliche Rolle spielte dabei die technische Vernetzung durch Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), im Allgemeinen mit dem Internet gleichgesetzt. Noch nie hatte die Menschheit einen so hohen Lebensstandard wie heute. Dennoch häufen sich die Anzeichen für massive Umbrüche und Turbulenzen.

Was häufig „nur“ auf ein Bauchgefühl zurückgeführt wird, soll in diesem Beitrag aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet werden und zum besseren Verständnis der Entwicklungen beitragen.

Lineares Denken

Eine zentrale Rolle spielt dabei das Thema „Vernetzung“ und die Art unseres bisherigen Denkens, das weitgehend durch Linearität gekennzeichnet ist. Dieses hat sich in der Vergangenheit sehr bewährt und zu unserem Erfolg beigetragen. Jedoch haben sich zahlreiche Rahmenbedingungen gravierend verändert und unsere bisherigen Lösungskompetenzen stoßen dabei zunehmend an Grenzen. Lineares Denken fokussiert auf einfache Ursache-Wirkungsbeziehungen und vermeidet die Auseinandersetzung mit komplexen Vernetzungen, die wiederum durch technische Vernetzungen entstehen [Ossimitz, 2006].

Die Herausforderung bei den nachfolgenden Betrachtungen ist, dass Texte sich nur linear abbilden lassen. Um dem ein wenig entgegenzuwirken, wird es daher immer wieder Querverweise auf andere Textstellen geben [→ ...].

Die Transformation zur Netzwerkgesellschaft

Es ist davon auszugehen, dass wir uns mitten in einer fundamentalen gesellschaftlichen Transformation befinden, die etwa in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts mit der Entwicklung von Computern eingeleitet wurde. Neben der Agrar- und Industriegesellschaft entsteht die Netz-

werkgesellschaft [Saurugg, 2012a]. In der Literatur werden weitere Begriffe, wie Informations- oder Wissensgesellschaft bzw. die dritte industrielle Revolution, verwendet. Netzwerke spielen bei dieser Transformation eine wesentliche Rolle, daher auch die Verwendung des Terminus „Netzwerkgesellschaft“ in diesem Beitrag.

Systeme

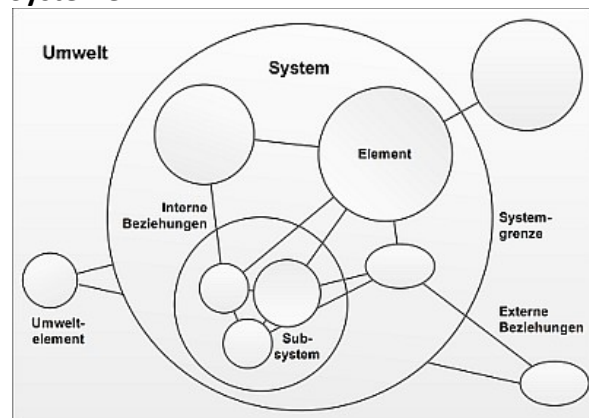


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung eines Systems

Eine zentrale Rolle in diesem Beitrag spielen Systeme. Systeme bestehen aus verschiedenen Systemelementen, die miteinander vernetzt sind und ein Wirkungsgefüge bilden. Ohne diese Vernetzungen (=Beziehungen) hat man nur eine Ansammlung von Elementen, jedoch kein System, wie etwa bei einem Sandhaufen. Es gibt eine Systemgrenze, die das System zu seiner Umwelt determiniert. Dadurch ergeben sich eine gewisse „Identität“ und ein bestimmter Zweck des Systems. Wobei Grenzen nicht immer scharf definiert bzw. klar erkennbar sind, da sie sowohl materieller Art (z. B. unsere Haut) als auch immaterieller Art (z. B. Abgrenzung einer

sozialen Gruppe) sein können. Sie sind wesentlich für die Reichweitenbegrenzung von Störungen oder Fehlern in einem System. Systeme haben eine optimale Größe bzw. Anzahl von Systemelementen. Sie sind prinzipiell anpassungsfähig bzw. weisen eine gewisse Elastizität auf. Wird jedoch eine nicht klar erkennbare kritische Größe erreicht und gelingt es nicht, rechtzeitig entsprechende Subsysteme zu bilden, kollabiert das System [→ Komplexitätslücke, → Lebensfähigkeit]. Jedes Systemelement kann potenziell mit jedem anderen Systemelement des Systems Beziehungen eingehen. Die Anzahl der möglichen Wechselwirkungen wächst mit der Anzahl der Systemelemente exponentiell an [→ Exponentielle Entwicklungen, → Dynamik]. Zusätzlich sind externe Beziehungen zu anderen Systemen oder Umweltelementen möglich. Was bei natürlichen Systemen den Regelfall darstellt. Daher spricht man auch von offenen Systemen. Soweit die trockene analytische Darstellung (Ossimitz 2006, Vester 2011).

Wesentlich dabei ist, dass ein System mehr ist als die Summe der Systemelemente. Was am Beispiel Mensch leicht nachvollziehbar ist. Auch wenn alle chemischen Bestandteile des menschlichen Körpers zur Verfügung stehen, ist das noch kein Mensch. Entscheidend sind die unsichtbaren Fäden zwischen den Elementen (Vester 2011).

Gesellschaft

Auch die Menschheit hat sich nach diesem Muster entwickelt. Das Kernsystem ist die Familie, die als Subsystem in eine Sippe oder Kommune integriert sein kann, oder nur lose Verbindungen zu anderen Systemen hat. Erst durch Mobilität und technische Kommunikationsmöglichkeiten wurden die Grenzen verschoben bzw. intransparenter. Die klare Struktur wurde mehr und mehr durch ein wildes Geflecht ersetzt. Die Orientierung und Betrachtung wird damit schwieriger.

Vor nicht allzu langer Zeit war die Reichweite des Einzelnen ziemlich begrenzt. Oft nur wenige Kilometer, die zu Fuß oder mit Tieren überwunden werden konnten. Natürlich gab es auch Ausnahmen, wie Handelsreisende oder Entdecker, aber in einem sehr begrenzten Ausmaß bzw. mit langen Zeithorizonten. Das hat sich im letzten Jahrhundert und insbesondere im 21. Jahrhundert massiv verändert, zuerst durch die Erhöhung der Mobilität und dann durch die Ausbreitung und die Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnik. Dies hat dazu geführt, dass wir heute in Sekundenschnelle fast überall auf der Welt mit jemand in Kontakt treten und kommunizieren können, was nicht immer zum Vorteil reicht.

Vernetzung

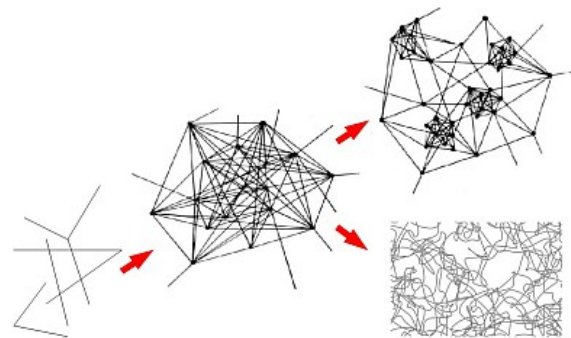


Abbildung 2: Von instabilen Einzelementen zu einem stabilen System. Bei einer Überdehnung ist die Bildung von Subsystemen erforderlich, da andernfalls ein Systemkollaps droht.

Wie das Beispiel gerade gezeigt hat, können Systeme durch Vernetzung deutlich vergrößert werden. Zunehmende Redundanzen führen zur Stabilisierung des Systems, welche jedoch nicht unendlich ist. [→ Lebensfähigkeit]. Mit steigender Größe des Systems entsteht der Nachteil, dass sich Störungen leichter und schneller ausbreiten können. Daher steigt auch die Fragilität mit dem Anstieg der Größe [Taleb, 2013b]. So können sich zum Beispiel Krankheiten durch massive Reiseströme viel leichter, weitreichender und rascher ausbreiten.

Lebensfähigkeit

Die (Über-)Lebensfähigkeit eines Systems ist daher von seiner Größe bzw. Vernetzungsdichte mit seiner Umwelt abhängig. In der evolutionären Entwicklung hat sich „small is beautiful“ durchgesetzt, da kleinere Systeme anpassungsfähiger sind. Darüber hinaus werden Systeme generell gestärkt, indem einzelne Systemelemente oder Subsysteme versagen können und dürfen. Dabei spielt auch Diversität bzw. Vielfältigkeit eine Rolle, da damit Anpassungsfähigkeit und Weiterentwicklung gewährleistet werden. Das was sich bewährt, setzt sich durch. Jedoch nicht durch einen Masterplan, sondern durch Versuch und Irrtum.

Für uns Menschen stellt sich dabei das Problem der stummen Zeugnisse: Bei der Betrachtung der Geschichte sehen wir nicht alles, sondern nur die rosigeren Teile des Prozesses, die Erfolgsgeschichten. Daher werden diese meist überbewertet [Taleb, 2013b].

So widerspricht etwa „too-big-to-fail“ diesen Grundsätzen. Wenn viele kleine Unternehmen scheitern, erregt das kaum Aufsehen. Scheitert aber etwa ein großes Bauunternehmen oder eine Bank, werden alle Hebel in Bewegung gesetzt, um das zu verhindern [→ Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele]. Damit wird aber das Gesamtsystem instabiler und die Wahrscheinlichkeit einer zeitverzögerten größeren Störung steigt [→ Zeitverzögerte Wirkungen].

Diese Erfahrung machten etwa Förster in amerikanischen Nationalparks. Eine Zeitlang wurde sofort jedes kleine Feuer gelöscht bzw. verhindert. Das führte dazu, dass sich immer mehr totes (brennbares) Material anhäufte. Kam es dann zu einem Brand, weitete sich dieser rasch zu einem nicht mehr beherrschbaren Großbrand aus. Kleine Bereinigungen stärken daher Systeme und mindern die Fragilität [→ Kleine Ursache,

große Wirkung]. Wird das (durch Menschen) verhindert, zögert sich nur der Zeitpunkt des Eintritts hinaus und die Auswirkungen kumulieren, das heißt, sie verschlimmern sich. Diese Beobachtungen können nicht nur in der Natur getätigt werden [Taleb, 2013b].

Aber auch andere Beispiele zeigen, dass wir unsere Manipulationsmöglichkeiten überschätzen. Die Agrarindustrie investiert sehr viel Geld in die Genforschung, um etwa schädlingsresistente Pflanzen zu designen. Mit zweifelhaftem Erfolg, wie etwa die Anpassungsfähigkeit des Maiswurzelbohrers zeigt. Hier ist es mittlerweile notwendig, dass alle paar Jahre die implementierte Giftdosis erhöht wird. Was wiederum negative Auswirkungen auf die restliche Umwelt auslöst [→ Rückkoppelungen]. Der Maiswurzelbohrer kann so nicht besiegt werden, ganz im Gegenteil, er wird immer stärker, weil nur die Stärksten überleben und sich weiterentwickeln. Dasselbe passiert auch in anderen Bereichen. Die zunehmende Sorge vor „Killerbakterien“ ist daher mehr als begründet [→ WHO, 2014].

Technische Sicherungen gegen Katastrophen verschieben daher häufig nur den kritischen Punkt, an dem ein System in die Katastrophe kippt.

Fehlende Diversität

Eine weitere Gefahr für die Lebensmittel- und damit Versorgungssicherheit generell geht von der zunehmenden Konzentration der Hersteller von Saatgut aus. Unser derzeit beherrschendes Wachstumsparadigma führt dazu, dass immer weniger große Marktplayer, aber auch Sorten übrigbleiben, was einer überlebenswichtigen Diversität widerspricht [→ Wachstumsparadigma].

Diese gefährliche Machtkonzentration ist aber auch in vielen anderen Bereichen zu beobachten. Diese spitzt sich etwa auch in der IT-Hardwareproduktion oder Pharmabranche zu. Es bleiben immer weniger große produzierende Unternehmen übrig [→

Grüter, 2013]. Die Forschungsbudgets wurden in den letzten Jahren aus unterschiedlichen Gründen reduziert [Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele]. So werden etwa immer seltener neue Antibiotika entwickelt und gleichzeitig steigt die Zahl der Antibiotikaresistenzen [WHO, 2014]. Zudem gibt es weltweit nur mehr eine Handvoll Produktionsanlagen für Antibiotika [Grüter, 2013]. All das passiert von uns weitgehend unbeachtet. Uns fehlen der Durchblick und das Gefühl für die Fragilität und Verwundbarkeit unserer Lebensweise. Die Gefahr von strategischen Schocks steigt [→ Strategische Schocks].

Komplexität

Eine wesentliche Rolle dabei spielt die steigende Komplexität. Doch was ist Komplexität? Der Begriff wird gerne und in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet. Ob im technischen oder politischen Bereich, er scheint fast überall anwendbar. Häufig wird der Begriff dazu verwendet, um undurchsichtige, schwer greifbare, dynamische und damit kaum planbare und steuerbare Situationen oder Systeme zu beschreiben. Dabei spielt auch eine gewisse Überforderung oder Hilflosigkeit eine Rolle. Mit etwas Abstand erkennt man rasch, dass Vernetzung dabei eine wesentliche Rolle spielt.

Exponentielle Entwicklungen

Unter anderem spielen dabei exponentielle Entwicklungen eine zentrale Rolle, die mit der Vernetzung einhergehen. Zur Untermauerung dient folgende Legende: Der Erfinder des Schachspiels hatte einen Wunsch frei. Er wünschte sich von seinem König folgende vordergründig sehr bescheidene Belohnung: Für das erste Feld des Schachbrettes ein Korn, für das zweite zwei Körner, für das dritte vier Körner und bei jedem weiteren Feld doppelt so viele wie auf dem vorherigen Feld. Dieser Wunsch war jedoch nicht erfüllbar. 2^{64} entspricht etwa 18

Trillionen Weizenkörnern, oder rund 100 Milliarden Lkw-Ladungen Getreide, was mit sämtlichen Welternten seit Beginn des Getreideanbaus nicht abdeckbar wäre. Die Legende bringt die Begrenztheit unseres linearen Denkens sehr anschaulich zum Ausdruck.

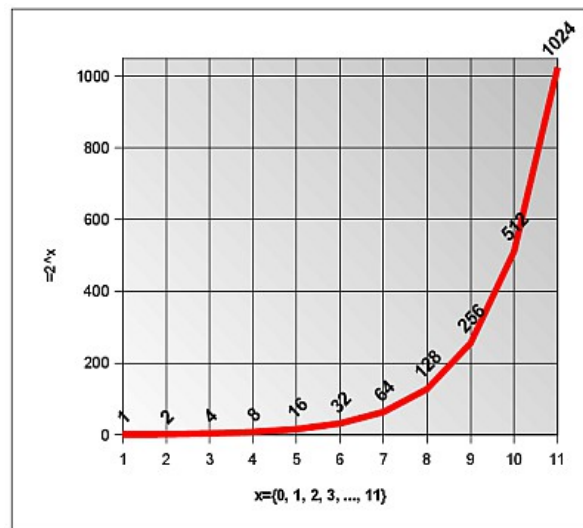


Abbildung 3: Exponentielle Entwicklungen am Beispiel 2^x . Kommt etwa in der IT-Welt zum Tragen.

Ein anderes aktuelles Beispiel ist die (Staats-)Verschuldung. Auch der Zinseszins unterliegt einer exponentiellen Entwicklung. Daher ist es wohl illusorisch davon auszugehen, dass sich diese immer schneller drehende und sich selbst verstärkende Spirale auflösen lässt [→ Rückkoppelungen]. Schon gar nicht, wenn nicht einmal mehr die Zinsen ohne Fremdkapital getilgt werden können. Ein „kein Defizit“ im Budget würde lediglich keine Neuverschuldung bedeuten. Der Schuldenberg wächst jedoch unaufhaltsam weiter. Daher ist dieser Prozess ab einem bestimmten Zeitpunkt unumkehrbar. Mit einem fatalen Ende [Ossimitz, 2006].

Dynamik

Mit der Vernetzung steigt auch die Dynamik in einem System. Diese bezeichnet die Änderungen aller Systemzustände über die Zeit. Ein dynamisches System steht niemals still, es lebt. Daher sind Analysen immer nur ein Ausschnitt zum Zeitpunkt X, was sich bei der Planung oder Durchführung eines

Systemeingriffs in einem dynamischen System meistens negativ auswirkt.

Rückkoppelungen

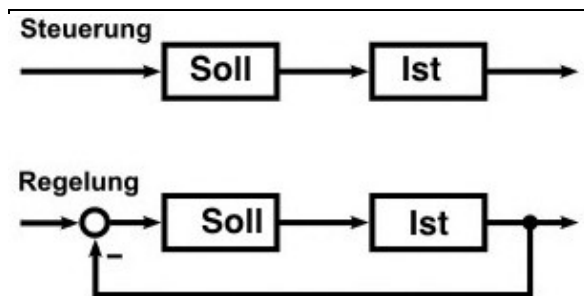


Abbildung 4: Steuerung vs. Regelung

Eine wesentliche Rolle spielen dabei positive und negative Rückkoppelungen. Positive Rückkoppelungen wirken selbstverstärkend (mehr führt zu mehr). Sie sind zwar für einen Start oder für ein Abbremsen wichtig, jedoch auf Dauer schädlich. Negative Rückkoppelungen wirken hingegen stabilisierend (mehr führt zu weniger). Beide Arten sind für die Selbststeuerung von Systemen notwendig [Vester, 2011].

Gerade am Finanzmarkt kommt es immer wieder durch positive Rückkoppelungen zu Blasenbildungen und Crashes. Der Kurs steigt und damit auch das Interesse an den Papieren, womit wieder der Kurs steigt. Aber eben nicht unendlich [→ Lebensfähigkeit]. Und dieser Zeitpunkt ist nie vorhersagbar, wie auch die aktuellen Entwicklungen zeigen [→ Komplexe Systeme]. Auch wenn immer wieder mit mathematischen Modellen versucht wird, negative Entwicklungen vorherzusagen, blieben bislang sämtliche Versuche erfolglos [Taleb, 2013b]. Wir Menschen neigen generell dazu, Erfolg auf unser Können und Misserfolg auf äußere Einflüsse und Pech zurückzuführen. Dass es etwas mit Zufall und Glück zu tun haben könnte, wird in der Regel ausgeschlossen [Taleb, 2013b]. Wenn man diese Mechanismen kennt, kann man sie natürlich auch zum eigenen Vorteil ausnützen, was auch passiert. Das hat aber

nichts mit einer vermeintlichen Berechenbarkeit zu tun.

Korrelation versus Kausalität

Ein anderer Irrtum ist, dass gerne Korrelationen mit Kausalitäten verwechselt werden. Besonders beliebt ist das im Zusammenhang mit Aktionismus [→ Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele]. Die Korrelation beschreibt eine Beziehung zwischen unterschiedlichen Ereignissen, Zuständen oder Funktionen. Dabei muss keine kausale Beziehung bestehen. Kausalität hingegen bezeichnet einen naturgesetzlichen, reproduzierbaren Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung. Ein kausales Ereignis hat eine feste zeitliche Richtung, die immer von der Ursache ausgeht, auf die die Wirkung folgt, was daher in komplexen Systemen mit laufenden Rückkoppelungen zu Fehlschlüssen verleitet [→ Komplexe Systeme] (Taleb 2013a)..

So kann es zwar zwischen dem Rückgang der Geburtenanzahl und der Abnahme von Störchen in einer Region eine Korrelation geben, aber sicher keine Kausalität.

Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele

Unser Wirtschaftssystem bzw. die Verfolgung des Wachstumsparadigmas führt dazu, dass mittlerweile in vielen Bereichen nur sehr kurzfristig und auch kurzfristig geplant und gehandelt wird [→ Wachstumsparadigma]. Besonders nachteilig wirken sich dabei Kennzahlen und Boni für kurzfristige Erfolge aus. Diese verleiten dazu, den Betrachtungshorizont massiv einzuschränken [→ Lebensfähigkeit]. Kennzahlen spielen auch in anderen Bereichen eine steigende Rolle. Es wird versucht, alles mess- und standardisierbar zu machen. Dabei werden gerne systemische Aspekte übersehen, die sich nicht in Zahlen fassen lassen. Der Teufelskreis beginnt sich zu drehen [→ Rückkoppelungen].

Aber nicht nur in der Wirtschaft, auch in anderen Bereichen wird ähnlich gehandelt. Das wiederum begünstigt Aktionismus. Statt Probleme bei den Wurzeln zu packen, wird gerne an den Symptomen laboriert. Derartige Vorgehensweisen sind meist schnell angewandt, verschlimmern aber langfristig das eigentliche Problem, während fundamentale Lösungen kurzfristig oft Nachteile bringen und sich erst langfristig als vorteilhaft herausstellen [Ossimitz, 2006].

Ob das eine nicht erfolgte Verfassungs- oder Verwaltungsreform, eine Bildungs-, eine Gesundheitswesens- oder eine Pensionsreform ist, die Beispiele können lange fortgesetzt werden. Auch hier werden die Komplexitätslücken immer größer [→ Komplexitätslücken]. Das bloße Ausschalten von Warneinrichtungen beseitigt keine Gefahren. Das musste nicht nur auf der Deep Water Horizon¹ festgestellt werden, als diese 2010 im Golf von Mexiko explodierte.

Wachstumsparadigma

Eine zentrale Rolle bei vielen negativen Entwicklungen spielt unser scheinbar unumstößliches Wachstumsparadigma, dem sich quasi alles andere unterzuordnen hat. Dem Menschen ist es immer wieder gelungen, Grenzen auszuweiten. Ob beim Bevölkerungswachstum oder bei den Ressourcenvorkommen, immer wurden die Erwartungen deutlich überschritten. Ob dies jedoch langfristig nachhaltig war, wird sich erst in der Zukunft herausstellen. Bis dahin gilt die bisherige Erkenntnis, dass ein System, das zwingend permanentes Wachstum braucht, nicht nachhaltig existieren kann und daher selbst seinen eigenen Untergang herbeiführt (Ossimitz 2006).

In der Natur gibt es kein unbegrenztes, sondern nur ein zyklisches bzw. s-förmiges

Wachstum, da dieses selbstzerstörerisch wirkt. Tumore stellen bisher den erfolglosen Gegenversuch dar (Vester 2011).

S-förmiges Wachstum

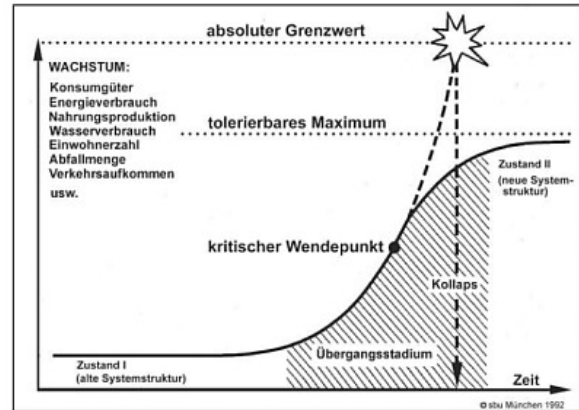


Abbildung 5: s-förmiges Wachstum nach Vester

Das s-förmige Wachstum beginnt langsam, steigt nach einer längeren Periode exponentiell an und flacht dann wieder ab. Ob durch Angebot und Nachfrage, Ressourcenverknappung oder Beute-Räuberhältnisse, ausschlaggebend sind selbstregulierende Regelkreise [→ Rückkoppelungen]. Ein weiteres Wachstum ist nur über einen neuen Zyklus (etwa durch eine neue Technologie) möglich, das rechtzeitig angestoßen werden muss. Die künstliche Ausdehnung des exponentiellen Wachstums führte bisher immer zum Systemkollaps.

Wir Menschen neigen dazu, diesen Mechanismus auszuhebeln. Was auch eine Zeit lang gut geht, da Systemgrenzen dehnbar und Systeme elastisch sind [→ Systeme]. Dieser Erfolg führt aber zu einer Selbstüberschätzung der eigenen Fähigkeiten, mit meist langfristigen negativen Folgen [→ Zeitverzögerte Wirkungen]. So haben etwa langjährige Marktführer wie Kodak im Bereich der analogen Fotografie oder Nokia im Bereich der Mobiltelefone derartige Entwicklungen (Digitalfotografie bzw. Smartphones) unterschätzt. Kodak ist Geschichte,

1 Die Deepwater Horizon war eine Explorations-Ölbohrplattform im Golf von Mexiko, die nach ihrer Explosion eine gigantische Umweltverschmutzung verursachte.

Nokia spielt gegenüber seiner früheren Rolle nur mehr ein Schattendasein.

Aber auch in anderen Bereichen werden etwa Reserven und Redundanzen eingespart, Mitarbeiter ausgebeutet, Wartungsintervalle hinausgezögert oder Forschungsausgaben reduziert, um weiter scheinbar „wachsen“ zu können. Die Systemtoleranz ist jedoch begrenzt [→ Lebensfähigkeit].

Viele unserer Zukunftsperspektiven bauen trotzdem auf kontinuierliches Wachstum auf. Etwa die Absicherung des Pensionssystems oder die Rückzahlung der Staatsschulden. Nicht unwesentlich dabei ist das Bruttoinlandsprodukt als Messgröße, die zwar immer häufiger in Frage gestellt wird, aber nach wie vor Gültigkeit hat.

Zeitverzögerte Wirkungen

Eine wichtige Rolle spielen zeitverzögerte Wirkungen. Dinge, die in der Ferne liegen, sind für uns schwer abschätzbar. Herz-Kreislaufkrankungen, Übergewicht und viele andere Wohlstandskrankheiten basieren auf jahre- wenn nicht jahrzehntelangem Fehlverhalten. Aber nicht nur im persönlichen Bereich haben wir damit Schwierigkeiten. Auch der Klimawandel entsteht über viele Jahrzehnte, zuerst schleichend und dann immer schneller. Es kommt zu einem exponentiellen Anstieg der Auswirkungen, die irreversible sind [→ Exponentielle Entwicklungen].

Ein anderes Beispiel stammt aus der IT-Welt, wo es in den vergangenen Jahren zu einem exponentiellen Anstieg in der Qualität und Quantität der Zwischenfälle gekommen ist. Und wie es scheint, ist damit das Ende noch nicht erreicht, ganz im Gegenteil. Das, was uns noch bevorstehen könnte, würde alles Bisherige in den Schatten stellen. Ein infrastruktureller Systemkollaps ist keine Utopie mehr [Zurich, 2014; Casti, 2012].

Auch das europäische Stromversorgungssystem wird von der Öffentlichkeit weit-

gehend unbeachtet immer häufiger an der Belastungsgrenze betrieben. Die un-systemischen Eingriffe der deutschen Energiewende tragen dabei wesentlich zur Destabilisierung bei [→ Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele, → Komplexe Systeme]. Eine europäische Großstörung („Blackout“) auf Grund eines Systemversagens scheint nur mehr eine Frage der Zeit zu sein.

Kleine Ursache, große Wirkung

In hoch vernetzten Systemen können kleine Ursachen verheerende Auswirkungen auslösen. So gibt es etwa noch immer die Nachwirkungen der amerikanischen Immobilienkrise 2007. Nachdem die Ursachen nicht behoben wurden, ist davon auszugehen, dass die nachfolgenden Krisen noch heftiger ausfallen werden [→ Lebensfähigkeit]. Die Wechselwirkungen des hoch vernetzten Finanzsystems wurden und werden vielfach unterschätzt [Zurich, 2014].

Alle großen Blackouts der vergangenen Jahre wurden durch die Kumulation mehrerer kleiner Ereignisse zum falschen Zeitpunkt ausgelöst. Europa ist bisher davon verschont geblieben, was aber leider keine Garantie für die Zukunft ist [→ Truthahn-Illusion, → Lebensfähigkeit].

Ein sehr plastisches Beispiel sind Lawinen. Auch diese werden durch kleine Störungen ausgelöst. Durch selbstverstärkende Rückkoppelungen entsteht die verheerende und gleichzeitig irreversible Wirkung.

Natürlich gibt es auch positive Beispiele für kleine Ursache, große Wirkung. Etwa die zufällige Entdeckung von Penizillin, die massive Auswirkungen auf die Mortalität hatte. Ebenso kann hier das Pareto-Prinzip herangezogen werden. Mit 20% des Aufwandes 80% des Erfolges erreichen bzw. umgekehrt, 80% des Aufwandes für 20% des Erfolges.

Komplexe Systeme

Mit der Vernetzung steigt die Komplexität und Dynamik in Systemen, da es ständig zu Rückkoppelungen bzw. Wechselwirkungen kommt. Es entstehen komplexe Systeme, die in der Regel offene Systeme sind und somit in Wechselwirkung mit ihrer Umwelt stehen. Daher ist es schwierig, die Grenze eines komplexen Systems zu definieren. Sie verhalten sich auch nicht wie unsere bisherigen Maschinen. Es gibt etwa keine organisierte bzw. zentrale Steuerung. Die Steuerung beruht auf einfachen Rückkoppelungsprozessen und Regelkreisen. Menschliche Eingriffe, ohne Berücksichtigung dieser Mechanismen, scheitern häufig [→ Rückkoppelung].

Komplexe Systeme weisen eine Reihe von Eigenschaften auf, die wir von unseren bisherigen technischen Lösungen (geschlossenen Systemen) kaum kennen. Etwa nicht-lineares Verhalten und keine linearen Kausalitäten. Es kann zu langen Ursachen-Wirkungsketten bzw. zu indirekten, zeitverzögerten und irreversiblen Wirkungen kommen. Kleine Ursachen können große Wirkungen nach sich ziehen, aber auch umgekehrt, ein großer Energieaufwand bewegt nur wenig. Auch exponentielle Veränderungen zählen dazu. Merkmale, die hier bereits beschrieben wurden. Und Aspekte, die wir bereits aus anderen Bereichen, etwa beim Umweltschutz oder bei der Entwicklungshilfe kennen. Im Zusammenhang mit technischen Lösungen betreten wir aber weitgehend Neuland, da die technische Vernetzung erst seit etwas mehr als einem Jahrzehnt massiv zugenommen hat. Bisher kennen wir vorwiegend die positiven Seiten der Vernetzung.

Komplexitätslücke

Der Komplexitätsforscher John Casti hat den Begriff der Komplexitätslücke geprägt [Casti, 2012]. Sie beschreibt die Differenz zwischen Systemen unterschiedlicher Komplexität.

Komplexitätslücken neigen dazu, sich auszugleichen. Wenn dies nicht durch „steuernde“ Eingriffe erfolgt, kommt es zur Systembereinigung [→ Lebensfähigkeit]. Das nicht anpassungsfähige System kollabiert. Der Faden reißt dabei abrupft.

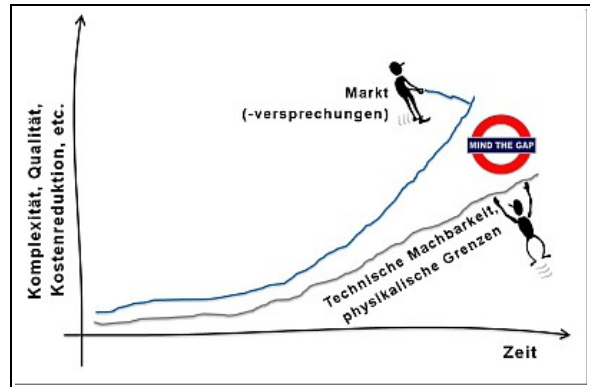


Abbildung 6: Komplexitätslücken entstehen etwa zwischen den Versprechungen des Marketings und den technischen/physikalischen Möglichkeiten und Grenzen.

Wir Menschen neigen dazu, die Elastizität von Systemen generell zu überschätzen. Diese ist durchaus gegeben, aber eben nicht unendlich. Ob dies im individuellen Bereich ist („Burn-out“), am Finanzmarkt, bei technischen Lösungen, beim Ressourcenverbrauch, beim Stromversorgungssystem, oder wo auch immer, es gibt kein Beispiel dafür, dass wir diese Grenzen unendlich ausdehnen könnten [→ Lebensfähigkeit].

Die Anzahl und die Größe derartiger Komplexitätslücken nehmen seit der Erhöhung der Vernetzungsdichte deutlich zu [→ Vernetzung]. Etwa zwischen dem, was die Politik, der Markt oder das Marketing verspricht und vorgibt und andererseits, was technisch/physikalisch möglich und sinnvoll bzw. was noch beherrschbar ist. Durch die zeitverzögerte Wirkung haben wir bisher fast nur die positiven Seiten der Vernetzung kennengelernt [→ Zeitverzögerte Wirkungen].

Der Finanzcrash 2007/2008 kann hier erneut als Beispiel herangezogen werden. Zum Schluss hatten nicht einmal mehr die Insider

einen Durchblick, was da an Produkten verkauft und gekauft wurde [Taleb, 2012]. Und in vielen technischen Bereichen ist bereits ein ähnliches Niveau zu beobachten [Zurich, 2014].

Strategische Schocks

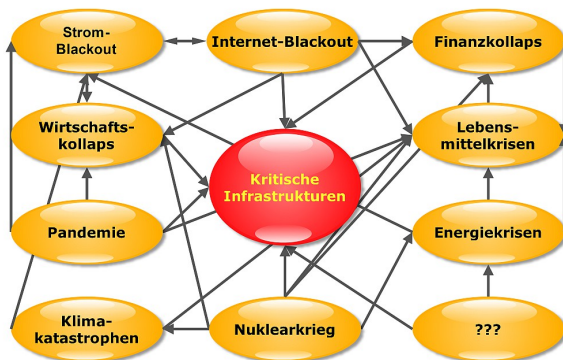


Abbildung 7: Es gibt eine Reihe von möglichen strategischen Schockereignissen, die wir bereits erahnen können. Noch unbekannte Ereignisse („Schwarze Schwäne“) werden uns zusätzlich überraschen.

Mittlerweile gibt es eine Reihe von möglichen und realistischen Szenarien, die durch systemische Krisen ausgelöst werden können. Wesentlich ist dabei, dass fast immer unsere Kritische Infrastruktur von einem solchen strategischen Schockereignis betroffen ist, da es entsprechende Wechselwirkungen und Abhängigkeiten gibt [→ Komplexe Systeme]. Strategische Schocks bezeichnen dabei Ereignisse, die äußerst selten vorkommen, jedoch enorme Auswirkungen erwarten lassen und unser Zusammenleben insgesamt verändern werden. Nassim Taleb hat dafür auch den Begriff der „Schwarzen Schwäne“ geprägt. Er fügt noch hinzu, dass derartige Ereignisse im Nachhinein immer einfach zu erklären sind, vorher aber nicht erkannt oder ignoriert werden [Taleb, 2013b].

Ein Finanzkollaps hätte etwa erhebliche Auswirkungen auf die zahlreichen Infrastrukturbaustellen der Energiewende. Umgekehrt könnten Black-outs zu weitreichenden Wirtschafts- und Finanzkrisen führen. Durch die vielschichtige Vernetzung

können sich strategische Schocks automatisch auf andere Systeme ausbreiten (Dominoeffekte) – auf die Gesellschaft, auf Unternehmen, auf andere Infrastrukturbereiche bzw. auf so gut wie alles, was damit verbunden ist. Dabei gibt es eine Reihe von Fallstricken, die diese Ausbreitung begünstigen.

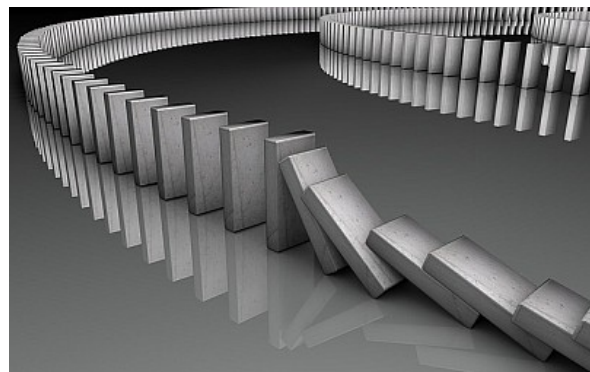


Abbildung 8: Dominoeffekte können eine Vielzahl von Folgeereignissen auslösen.

Beginnend bei der Just-in-Time/Just-in-Prozess-Logistik, die einen sehr hohen Synchronisationsgrad erfordert und daher sehr störanfällig ist, wenn wichtige Kettenglieder ausfallen. Dies ist im Alltag nicht spürbar, da kleine Störungen durchaus beherrschbar sind. Die Auswirkungen eines Blackouts auf diesen Bereich sind jedoch kaum abschätzbar.

Unser Drang nach Optimierung und Effizienzsteigerung hat zu einer Reduktion der Robustheit von Systemen geführt, da überlebenswichtige Redundanzen, Reserven und Puffer fehlen, um größere Störungen ausgleichen zu können [→ Wachstumsparadigma].

Unser Sicherheits- und Risikodenken fokussiert auf bekannte und bereits erlebte Szenarien und Hypothesen. Dazu passende Wahrscheinlichkeits- und Restrisikoberechnungen tendieren dazu, seltene, aber mit extremen Auswirkungen behaftete Ereignisse auszublenden bzw. zu vernachlässigen. Dabei werden die Wechselwirkungen meistens unterschätzt.

Besonders brisant sind die Entwicklungen im Bereich der Kritischen Infrastruktur, von denen unser Gemeinwesen ganz erheblich abhängig ist. Durch immer aufwendigere und undurchsichtigerere technische Lösungen und durch die steigende Vernetzung schaffen wir immer größere Verwundbarkeiten, ohne uns dessen bewusst zu sein. Dabei suggerieren einfache Oberflächen oder eine einfache Netzwerkverbindung Einfachheit.

Ein weiterer Fallstrick ist, dass wir in den letzten Jahrzehnten in unserer mittel-europäischen Gesellschaft sehr stabile und konstante Verhältnisse erleben durften. Daher besteht kaum ein Bewusstsein, dass die gesamte Menschheitsgeschichte und auch heute noch der Großteil der Welt von Variabilität und zyklischen Entwicklungen gekennzeichnet war und ist. Wir haben in den vergangenen Jahren in vielen Bereichen wichtige Auffangnetze reduziert, was uns wiederum anfälliger gegenüber größeren Störungen macht.

Ob dies den Finanzsektor, die Energie- und Rohstoffversorgung, das europäische Stromversorgungssystem, eine Pandemie oder auch die möglichen Auswirkungen des Klimawandels betrifft, es gibt eine Vielzahl an potenziellen Ereignissen, die uns für strategische Schocks anfällig machen. Dabei sind in Anbetracht der möglichen Konsequenzen und der gesellschaftsverändernden Auswirkungen Wahrscheinlichkeiten irrelevant.

Die Konsequenzen sind umso schwerwiegender, je seltener ein Ereignis eintritt, und desto schwieriger ist eine analytische Einschätzung. Entscheidend ist nicht, dass jemand ein Ereignis „vorhergesagt“ hat, sondern dass diese „Vorhersage“ mit Konsequenzen verbunden war. Daher ist es notwendig, dass Systeme und ihre Fragilität analysiert werden und nicht Einzelereignisse oder einzelne Elemente eines Systems [Taleb, 2013a]. Eine Vorgangsweise, die

heute weitgehend nicht üblich, aber zwingend geboten erscheint.

Truthahn-Illusion

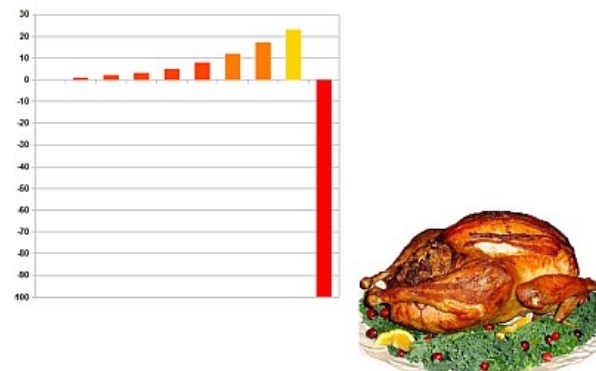


Abbildung 9: Die Truthahn-Illusion als Folge eines linearen, vergangenheitsorientierten Denkens.

Nicht unerheblich ist dabei die häufig feststellbare Truthahn-Illusion: Ein Truthahn, der Tag für Tag von seinem Besitzer gefüttert wird, hat nicht die geringste Ahnung, was am Tag X passieren wird. Er muss aufgrund seiner positiven Erfahrungen annehmen, dass die Wahrscheinlichkeit, dass etwas gravierend Negatives passiert, von Tag zu Tag kleiner wird. Am Tag vor Thanksgiving wird jedoch ein entscheidender Wendepunkt eintreten, mit entsprechend fatalen Folgen für den Truthahn. Die Truthahn-Illusion steht zudem für die Überzeugung, dass sich jedes Risiko berechnen lässt, obwohl dies nicht möglich ist.

Dabei spielt auch eine Rolle, dass wir gerne das Nichtvorhandensein von Beweisen mit einem Beweis für ein Nichtvorhandensein verwechseln, wie auch vordergründig stabile Systeme meist fragiler sind, als Systeme, in denen häufiger Störungen auftreten [→ Lebensfähigkeit]. Darüber hinaus wird gerne übersehen, dass der sogenannte schlimmste Fall zu der Zeit, da er sich ereignete, schlimmer war als der damals geltende „schlimmste Fall“.

Evolutionäre Prägungen

Bei menschlichen Handlungen spielen immer evolutionär geprägte Muster eine Rolle. So neigen wir etwa dazu, lieber kurzfristige Erfolge als einen langfristigen Mehrwert in Kauf zu nehmen. In der Psychologie wird dafür der Begriff „Belohnungsaufschub“ verwendet. Dabei wird auf eine unmittelbare (anstrengungslose) Belohnung zu Gunsten einer größeren Belohnung in der Zukunft verzichtet, die allerdings entweder erst durch Warten oder durch vorherige Anstrengung erlangt werden kann. Leider kann man dieses Phänomen heute in vielen Bereichen, etwa bei politischen Entscheidungen, beobachten. Was evolutionär durchaus Sinn gemacht hat, stellt heute häufig einen langfristigen Nachteil dar (Klingholz 2014) [→ Kurzfristiger Aktionismus versus langfristige Ziele].

Eine andere Prägung ist, dass beim Tod einer großen Gruppe viel mehr Betroffenheit entsteht, als wenn die gleiche Anzahl von Personen verteilt stirbt. Auch das ist historisch nachvollziehbar, bedrohte der Tod einer größeren Gruppe einer Sippe doch die Überlebensfähigkeit der ganzen Sippe. Das gilt heute nicht mehr. Dennoch reagieren wir nach wie vor nach diesem Muster.

So kamen etwa auf amerikanischen Straßen im Jahr 2002 rund 1.500 Menschen mehr ums Leben als in den Jahren zuvor. Viele Menschen fürchteten sich nach 9/11 vor dem Fliegen und traten die Reise lieber mit dem Auto an. Ein fataler Irrtum [Vester, 2011]. Sehr viel wurde seither in die (Flug-)Sicherheit investiert. Gleichzeitig haben wir jedoch zugelassen, dass in den letzten 13 Jahren unsere Gesellschaft im infrastrukturellen Bereich um ein Vielfaches verwundbarer geworden ist.

Das Problem ist, dass wir uns leider zu stark auf das konzentrieren, was wir wissen: *„Wir neigen dazu, nicht das Allgemeine zu lernen, sondern das Präzise. Wir lernen keine*

Regeln, sondern nur Fakten. Jeder weiß, dass wir mehr Vorbeugung als Behandlung brauchen, doch kaum jemand belohnt Vorbeugungsmaßnahmen. Wir glorifizieren jene, deren Namen in die Geschichtsbücher eingegangen sind, auf Kosten derjenigen, über die unsere Bücher schweigen.“ [Taleb, 2013b]

Mangelnde Systembetrachtung

Allen Szenarien ist gemein, dass die Basis dieser Entwicklungen auf die mangelnde Systembetrachtung und -berücksichtigung zurückzuführen ist. Wir agieren in vielen Bereichen noch so, als gebe es keine Vernetzung und man könnte die einzelnen Bereiche isoliert betrachten („Silodenken“).

Dieser Irrtum wurde etwa 2013 im Rahmen des europäischen Programms zum Schutz kritischer Infrastrukturen (EPCIP) eingestanden [Europäische Kommission, 2013]. Das Umdenken und neue Handeln benötigt aber Zeit. Zeit, die wir in vielen Bereichen nicht haben, da die Entwicklungen mit den potenziellen negativen Auswirkungen ungebremst voranschreiten [Zurich, 2014]. Dennoch müssen wir damit beginnen.

Systemisches Denken

Damit schließt sich der Kreis zum linearen Denken. Albert Einstein wird gerne mit *„Probleme kann man niemals mit derselben Denkweise lösen, durch die sie entstanden sind.“* zitiert. Daher sind aktuelle und zukünftige Herausforderungen, wie etwa der Klimawandel, Technikkatastrophen („man-made disaster“), Finanzkrisen, Lebensmittelkrisen, Antibiotikaresistenzen, Terrorismus, Hungersnöte, Naturkatastrophen, Pandemien oder Ressourcenverknappung nicht alleine mit dem bisherigen – vergangenheits- und erfahrungsbasierten – Denken zu lösen.

Die „Steuerung“ vernetzter Systeme erfordert ebenso vernetztes Denken und Handeln, also systemisches Denken. Dabei müssen wir uns von der Vorstellung der

Steuerbar- und Kontrollierbarkeit, wie dies bei Maschinen möglich ist, verabschieden. Das funktioniert bei komplexen, offenen Systemen nicht. Nur wenn wir das akzeptieren können, können wir lernen, mit den neuen Herausforderungen und den damit verbundenen Risiken umzugehen.



Abbildung 10: Ein Paradigmenwechsel in der Sicherheitsbetrachtung ist erforderlich

Systemisches Denken hilft, das Wesentliche eines Systems, die Wirkungsgefüge und Wechselwirkungen, zu erkennen. Dabei geht es nicht mehr um die *Konzentration auf das Wesentliche*, sondern um die *Erfassung des ganzen Musters*. Darüber hinaus muss die Aufmerksamkeit auf Entwicklungen und nicht auf Zustände gelegt werden. Denn Zustände ändern sich in dynamischen Systemen häufig [→ Dynamik].

Zusätzlich ist ein „Sowohl-als-auch-Denken“ erforderlich. Die technische Vernetzung hat der Menschheit viele positive Errungenschaften gebracht. Leider neigen wir dazu, diese Seite überzubewerten. Es gibt aber auch Schattenseiten. So wie unser ganzes Leben binär aufgebaut ist. Gut und schlecht, warm und kalt, trocken und heiß, gesund und krank, arm und reich, und so weiter. Die Betonung liegt auf „und“, nicht etwa auf „oder“. Dieser Aspekt steht uns häufig im Wege. Unser abendländisches „Entweder-oder-Denken“. Damit werden viele Handlungsspielräume eingeschränkt. Mit einem „Sowohl-als-auch-Denken“ lässt sich die Realität leichter abbilden. Sie ist nicht nur

schwarz/weiß, sondern es gibt viele Graustufen dazwischen, wemgleich die Pole eine wichtige Rolle spielen und sich gegenseitig bedingen. Daher sollte es selbstverständlich sein, dass jede Sonnenseite auch eine Schattenseite hat.

Auch in Zukunft werden wir lineares, logisches, rationales, analytisches oder fachspezifisches Denken für dafür geeignete Prozesse und Technologien benötigen. Aber wir brauchen zusätzlich Menschen, die das ganze System überblicken und mögliche Fehlentwicklungen erkennen können. Denn die bisher durchaus sehr erfolgreiche Denkweise eignet sich nur für die Lösung von Problemen in Systemen mit geringer Komplexität. Werden sie zur Steuerung von hochkomplexen Systemen verwendet, führen sie zu unerwünschten oder häufig sogar zu schmerzhaften Neben- und Folgewirkungen. Je größer das System wird, desto schwieriger wird die Realisierung. Daher müssen die in diesem Beitrag (nicht vollständig) aufgezählten Aspekte bereits im Systemdesign einfließen.

Natürlich wäre es eine Utopie anzunehmen, dass sich das einfach und per Top-Down-Anordnung umsetzen ließe, was sogar der Natur komplexer Systeme widersprechen würde. Daher geht es darum, dieses Wissen möglichst breit zu streuen, damit es in möglichst vielen Bereichen einfließen kann und die Selbstorganisationsfähigkeit komplexer Systeme, wie es auch unsere Gesellschaft eines ist, zu mobilisieren. Diese Fähigkeiten werden wir in turbulenten Zeiten dringend benötigen. Von der Natur wissen wir, dass sich evolutionäre Veränderungen aus vielen kleinen Puzzelstücken entwickeln. Diese fügen sich zum richtigen und nicht vorhersehbaren Zeitpunkt ohne zentrale Steuerung zusammen. Es gibt keinen großen Plan. Alle Versuche der zentralen Steuerung sind bisher im wahrsten Sinne des Wortes brutal gescheitert.

Auslöser für fundamentale Änderungen sind meist große Brüche oder Krisen. Nicht von ungefähr bieten Krisen auch immer Chancen, eingetretene Pfade zu verlassen und neue Wege zu gehen. In der Vergangenheit waren derartige Krisen häufig mit Kriegen verbunden. Wir hätten heute das Wissen und die Fähigkeiten, eine evolutionäre Weiterentwicklung auch ohne Zerstörungen voranzutreiben.

Was wir bereits heute tun können, ist, uns auf turbulente Zeiten einzustellen und vorzubereiten, indem wir möglichst viele Puzzelstücke gestalten, die uns etwa auf eine mögliche Post-Wachstumsära vorbereiten. Oder, indem wir beginnen, das Systemdesign unserer Kritischen Infrastruktur zu überdenken. Bis hin zur Erhöhung der gesamtgesellschaftlichen Resilienz, indem die Bevölkerung wieder als aktives Systemelement gesehen und die Selbsthilfe- und Selbstorganisationsfähigkeit gestärkt wird. Viele kleine Aktivitäten, wie etwa der Wunsch nach regionalen Produkten und Wertschöpfung, einer dezentralen Energieversorgung aus erneuerbaren Energiequellen, Urban Gardening („der Garten in der Stadt“) oder Komplementärwährungen sind Anzeichen dafür, dass Veränderungen bereits

bottom-up begonnen haben. Bottom-up bedeutet dabei, dass Menschen aus eigener Überzeugung von sich aus tätig werden und einen Veränderungsprozess anstoßen, der keinem Masterplan folgt und daher nur bedingt steuerbar ist. Gerade bei der Energieversorgung und der sogenannten Energiewende ist eine massive Machtverschiebung von der zentralen zur dezentralen Versorgung zu erwarten. Dass derartige Entwicklungen nicht reibungslos von sich gehen werden, ist selbstsprechend. Besonders gefährlich ist dabei der derzeit eingeschlagene Weg, wie das grundsätzlich dezentrale System der erneuerbaren Energieversorgung in das bisher zentrale System der Energieversorgung integriert wird. Die Energiewende bedeutet weit mehr als nur die dezentrale Stromerzeugung, wie sie derzeit vorwiegend verfolgt wird. Sie erfordert einen großen Kulturwandel, um die bestehende Komplexitätslücke wieder zu minimieren. Daher ist gerade in diesem Bereich ein Plan B – was machen wir, wenn das System die Eingriffe nicht mehr verträgt und es zu einem temporären Systemkollaps kommt – unverzichtbar. Einen solchen gibt es derzeit jedoch nicht. Was wiederum auf unser lineares Denken und auf die Truthahn-Illusion zurückzuführen ist.

Weiterführende Literatur

- Casti, John: Der plötzliche Kollaps von allem: Wie extreme Ereignisse unsere Zukunft zerstören können. München: Piper Verlag GmbH, 2012
- Dörner, Dietrich. Die Logik des Mislingens/Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Verlag, 2011¹⁰
- Europäische Kommission: Commission staff working document on a new approach to the European Programme for Critical Infrastructure Protection. Brüssel, 2013 unter URL: http://ec.europa.eu/energy/infrastructure/doc/critical/20130828_epcip_commission_staff_working_document.pdf [06.05.14]
- Frey Ulrich, Frey Johannes: Fallstricke/Die häufigsten Denkfehler in Alltag und Wissenschaft. München: C.H. Beck oHG, 2011³
- Gigerenzer, Gerd. Risiko: Wie man die richtigen Entscheidungen trifft. München: C. Bertelsmann, 2013
- Grüter, Thomas. Offline!/Das unvermeidliche Ende des Internets und der Untergang der Informationsgesellschaft. Heidelberg: Springer-Verlag, 2013
- Klingholz, Reiner: Sklaven des Wachstums - die Geschichte einer Befreiung. Frankfurt: Campus Verlag, 2014
- Krizanits, Joana. *Einführung in die Methoden der systemischen Organisationsberatung*. Heidelberg: Carl-Auer Verlag, 2013
- Kruse, Peter. next practice/Erfolgreiches Management von Instabilität. Offenbach: Gabal Verlag GmbH, 2011 6
- Langner, Ralph: Robust Control System Networks/How to achieve reliable control after Stuxnet. New York: Momentum Press, 2012
- Malik, Fredmund: *Strategie/Navigieren in der Komplexität der Neuen Welt*. Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH, 2011
- Ossimitz, Günther/Lapp, Christian. *Systeme: Denken und Handeln; Das Metanoia-Prinzip: Eine Einführung in systemisches Denken und Handeln*. Berlin: Franzbecker, 2006
- Saurugg, Herbert: Blackout - Eine nationale Herausforderung bereits vor der Krise. 2012b unter URL: http://www.cybersecurityaustria.at/images/pdf/blackout_-_eine_nationale_herausforderung_bereits_vor_der_krise.pdf [06.05.14]
- Saurugg, Herbert: Die Netzwerkgesellschaft und Krisenmanagement 2.0. Wien-Budapest, 2012a, unter URL: http://www.cybersecurityaustria.at/images/pdf/die_netzwerkgesellschaft_und_krisenmanagement_2.0.pdf [06.05.14]
- Taleb, Nassim Nicholas. Antifragilität/Anleitung für eine Welt, die wir nicht verstehen. München: Albrecht Knaus Verlag, 2013a
- Taleb, Nassim Nicholas. Der Schwarze Schwan: Die Macht höchst unwahrscheinlicher Ereignisse. München: dtv, 2013b⁵

- Taleb, Nassim Nicholas: Der Schwarze Schwan/Konsequenzen aus der Krise. München: dtv, 2012
- Vester, Frederic. Die Kunst vernetzt zu denken/Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Ein Bericht an den Club of Rome. München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 2011⁸
- WHO: WHO's first global report on antibiotic resistance reveals serious, worldwide threat to public health. Unter URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/en/> [06.05.14]
- Zurich Insurance Company Ltd and Atlantic Council of the United States: Beyond data breaches: global interconnections of cyber risk. 2014 unter URL: http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/Zurich_Cyber_Risk_April_2014.pdf [06.05.14]

Bildernachweis

- Titelbild: Herbert Saurugg
- System: Herbert Saurugg
- Vernetzung: Herbert Saurugg in Anlehnung an Frederic Vester
- Rückkoppelung: Herbert Saurugg
- S-förmiges Wachstum: Frederic Vester
- Komplexitätslücke: Herbert Saurugg
- Mögliche Strategische Schockereignisse: Herbert Saurugg
- Dominoeffekte: PublicDomainPictures
- Truthahn-Illusion: Herbert Saurugg