

# Die Wirtschaftsinformatik der Zukunft – auch eine Wissenschaft der Netze?

Peter Mertens · Dina Barbian

Eingegangen: 31. August 2014 / Angenommen: 15. September 2014 / Online publiziert: 25. November 2014  
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

**Zusammenfassung** Die zunehmende Vernetzung im Wirtschaftsleben in Verbindung mit der „digitalen Wirtschaft“ bringt erhebliche Risiken mit sich. Wie eine Studie über große mittel- und langfristige Herausforderungen („Grand Challenges“) an die WI gezeigt hat, wird es von vielen Wissenschaftlern und Praktikern der WI als besonders wichtig erachtet, zur Beherrschung von systemischen Risiken in Netzen beizutragen. Eine Chance sind große, baukastenartige Methodenbanken, mit denen unter anderem neue Entscheidungsunterstützungssysteme (EUS) durch Methodenkombination gewonnen werden können. Eine wichtige Rolle nehmen mächtige Simulationssysteme mit zeitversetzten Rückkopplungsschleifen, Softwareagenten und rollen-orientierten sowie personalisierten Zu- und Abgangssystemen ein. Aus der allgemeinen Systemforschung und ausgereiften Disziplinen wie der Energiewirtschaft, der Medizin und der Epidemiologie können Anregungen gewonnen werden.

Im Beitrag werden Netze der Güterwirtschaft, darunter zur Nahrungs-, Trinkwasser- und Arzneimittelversorgung, des Verkehrs, der Stromwirtschaft, der Banken- und der Versicherungsbranche, die Vernetzung von Betriebsmitteln im Rahmen von Industrie 4.0 sowie Katastrophennetze behandelt.

Die WI der Netze ist eine logische Fortführung der Entwicklung des Faches von isolierten Anwendungssystemen im einzelnen Betrieb über die innerbetriebliche und dann die zwischenbetriebliche Informationsverarbeitung.

**Schlüsselwörter** Netz · Systemik · Finanzkrise · Supply Chain Risk Management · Methoden-Baukasten · Simulation

---

P. Mertens (✉) · D. Barbian  
Wirtschaftsinformatik I, Universität Erlangen-Nürnberg,  
Lange Gasse 20,  
90403 Nürnberg, Deutschland  
E-Mail: peter.mertens@fau.de

D. Barbian  
E-Mail: dina.barbian@fau.de

## 1 Zunehmende Bedeutung von IT-gestützten Netzen in Gesellschaft und Wirtschaft

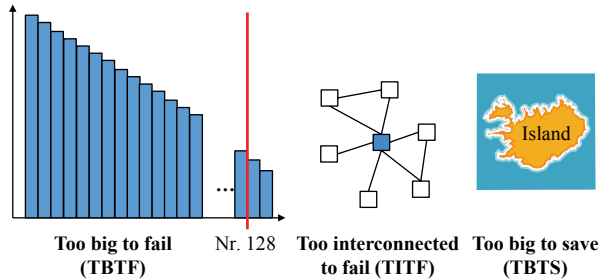
In Gesellschaft und Wirtschaft der Gegenwart spielen Netze bereits eine große Rolle. Für die Zukunft sehen viele Politiker, Fach- und Führungskräfte von Unternehmen sowie Verbänden und Wissenschaftler diesbezüglich einen weiteren Bedeutungsgewinn. Stellvertretend erwähnen wir hier nur drei Belege:

1. Im Anschluss an die Messe Cebit 2014 übergaben Henning Kagermann, der Präsident der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften, und Frank Riemensberger, Leiter der Deutschland-Niederlassung von Accenture, der Bundeskanzlerin einen Bericht zum Status quo und zum Potenzial internetbasierter Dienste für die deutsche Wirtschaft – als Nachfolgeprojekt von „Industrie 4.0“. Darin wird neuen digitalen Infrastrukturen eine systemkritische Rolle „in der Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft“ zugewiesen (Knop 2014). Die Grundvoraussetzung dafür sei „ein Ausbau der Breitbandnetze, um Produkte, Services und Menschen in der öffentlichen Infrastruktur ... zu vernetzen“.
2. Arno Rolf moniert, dass die BWL der wahrscheinlichen Entwicklung nicht genügend Rechnung trage, weil sie zu wenig das Unternehmen mit seiner Einbindung in Netze im Fokus habe (Rolf 2014).
3. In einer Studie dazu, ob in der Fachgemeinschaft der Wirtschaftsinformatiker (WI) im deutschsprachigen Raum ein gewisser Konsens über die ganz großen Herausforderungen („Grand Challenges“/GC) herbeigeführt werden kann, rangierte die GC „Ermittlung systemischer Risiken in weltweiten Netzen“ auf Platz 1 (Mertens und Barbian 2014a). In einer ähnlichen Befragung in der Gesellschaft für Informatik (GI e. V.) wurde die Position „Beherrschung systemischer Risiken in IT-unterstützten weltweiten Netzen“ in die Spitzengruppe der fünf wichtigsten GC der Informatik aufgenommen.

In der Langfassung des vorliegenden Beitrags (Mertens und Barbian 2014b) finden sich weitere Belege.

## 2 Wirtschaftsinformatik und Netze

Die WI hat eine lange Tradition, was die Befassung mit Netzen angeht. Als Beispiel seien die zwischenbetriebliche Integration (Mertens 1966) und die ausführlichen Arbeiten zum sogenannten E-Business genannt. Diesen Schwerpunkt gilt es in Anbetracht von „Megatrends“ weiterzuentwickeln. Hinsichtlich Vielzahl, Größe und Komplexität muss man ähnlich wie in der projektbezogenen Netzplantechnik rechtzeitig den Fokus auf die systemrelevanten bzw. -kritischen Elemente (Knoten und Kanten) richten, d. h. diese identifizieren, robust machen und sie so selektiv schützen, denn der gleichzeitige und gleich wirksame Schutz aller Netzkomponenten käme einem verschwenderischen Umgang mit Ressourcen gleich. Es gilt, auf einer noch zu findenden Abstraktionsebene Instrumente zu entwickeln, die nach entsprechender Parametrierung auf möglichst viele Netztypen anwendbar sind.

**Abb. 1** Kriterien der Systemrelevanz

### 3 Systemrelevanz

Die Online-Enzyklopädie Wikipedia (abgerufen am 26.08.2014) setzt Systemrelevanz bzw. Systemik mit „Too big to fail“ gleich, was sehr problematisch ist. Die Definition dort lautet: „Institutionen wie Staaten und deren Glieder, auch Banken, Konzerne, ... die so systemstabilisierend sind, dass ihr Ausfall die herrschende Hegemonie auflösen würde.“

Die neuere Sicht, der wir hier folgen (siehe Abb. 1), stellt aber neben dem „Too big to fail“ (TBTF) auch auf die Maßstäbe „Too interconnected to fail“ (TITF) und „Too big to save“ (TBTS) ab (Barth und Schnabel 2013).

### 4 Einzelne Netze

In der Folge wenden wir uns 10 Netzen zu, die für die WI relevant sind. Es besteht in unserer inhaltlichen Auswahl eine interessante Übereinstimmung mit einem jüngst bekannt gewordenen Plan des Bundesinnenministers („Erstes IT-Sicherheitsgesetz“), nach Branchen gegliederte Standards für die IT-Sicherheit einzuführen (Lutz und Bewarder 2014). Ausgeblendet bleiben aus Platzgründen Angriffe auf allgemeine Daten- und Kommunikationsnetze, die gegenwärtig in vielen Arbeiten der (Kern-) Informatik und Nachrichtentechnik behandelt werden. Allerdings bedürfen bisher noch vernachlässigte ökonomische Aspekte, wie z. B. der Handel mit Wissen über neueste Sicherheitslücken auf Schwarzmärkten („zero-day exploits“), der wissenschaftlichen Analyse (siehe auch Brodowski und Freiling 2011).

#### 4.1 Physische Güter allgemein (Supply Chains)

Obwohl man unter der Aufbau- und Ablauforganisation von Liefernetzen (Supply Chain Management/SCM) jegliche Kunden-Lieferanten-Beziehungen subsumieren kann, z. B. auch die „Financial Supply Chain“, wollen wir an dieser Stelle nur die vernetzten Güterströme und hier wiederum das „Supply Chain Risk Management“ (SCRM) betrachten. Es wurde entwickelt, nachdem die in vielen Unternehmen getroffenen Maßnahmen zur Reduktion der Kapitalbindung und damit der Pufferlager die Gefahr der Fortpflanzung von Fehlern im Güternetz erhöhten (Ziegenbein 2007, S. 1).

Ursächlich für die Komplexität des Problems ist die Vielfalt der Störungsarten und der Abhilfemaßnahmen.

Tabelle 1 enthält einen Überblick über Typen von Risiken in Liefernetzen. (Umfangreichere und differenziertere Aufstellungen mit einer Fülle von praktischen Beispielen und Fallstudien findet man beim Supply Chain Council (o. J.), bei Singhal et al. (2011) und Ziegenbein (2007).)

**Tab. 1** Risiken in Liefernetzen

	Typen	Erläuterungen/Beispiele
I	<i>Naturbedingte:</i> Erdbeben  Tsunami Hurrikan	Das Kobe-Erdbeben 1995 führte zu einem Mangel an Speicherkomponenten für elektronische Anlagen und einem weit streuenden Schaden  Untergang von Containerschiffen Nach dem Hurrikan Katrina im Jahr 2005 fielen Lieferquellen und Transportstrecken aus
II	<i>Marktbedingte:</i> Plötzliche Verschiebungen der Wettbewerbssituation  Hohe Volatilität  Reputationsrisiken	Einbruch bei Mobiltelefonen durch PDA (Persönliche Digitale Assistenten, „smartphones“) „Harte Tastaturen“ wurden durch „Softkeys“ (berührungsempfindliche Tastaturen wie beim iPhone) verdrängt Aus einer Vielzahl von Gründen schwankt z. B. die Nachfrage nach elektronischen Bauelementen und -gruppen stark (siehe unten) Falsche oder begründete Gerüchte führen zu Einbrüchen auf der Abnehmerseite (Ohne Verfasser 2009)
III	<i>Produktionsbedingte:</i> Zulieferer bekommen neue Werkstoffe und Fertigungstechniken nicht unter Kontrolle Störungen der Aufbau- und Ablauforganisation  Qualitätsprobleme	Erhebliche Schwierigkeiten (Verzögerungen) im komplizierten Liefernetz des Großraumflugzeuges Boeing 787  Feuer in taiwanesischer Lackfabrik führte zu Engpässen bei Lacken für Elektronik-Chips, kurzfristig erhebliche Auswirkungen auf die weltweite Elektronikproduktion Unberechtigte Mängelrügen
IV	<i>Finanzbedingte:</i> Finanzmarktrisiken  Liquiditätsprobleme	Katastrophale Einbrüche in Bauindustrie und Immobilienmärkten (USA, Spanien) nach dem Platzen von Spekulationsblasen  Im Grenzfall plötzliche Insolvenz von Partnern, Zwangsverkäufe von Betrieben
V	<i>Rechtlich bedingte</i>	Klagen wegen Schutzrechtsverletzungen lassen Lieferungen in Netzen stocken
VI	<i>Politisch bedingte:</i> Terrorakte, Piraterie und Kriege Embargo Kriegsereignisse	Störungen des Schifftransports am „Horn von Afrika“ Embargos bei Gaslieferungen Flugrouten bedroht
VII	<i>Personell bedingte:</i> Streiks, Krankheit	Temporärer Ausfall von Produktions- und Transportstrecken oder von Dienstleistungen an Umschlagplätzen Leitstände von Verkehrsbetrieben funktionieren nicht, z. B. Stellwerk Mainz der Deutsche Bahn AG

Besonderheiten der Risiken im SCRM sind:

1. Große Schäden werden durch Extremereignisse mit niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit angerichtet.
2. Wegen der für Liefernetze charakteristischen Peitscheneffekte können kleine Ursachen schwerwiegende Folgen und Kettenreaktionen auslösen.
3. Neben „harten Fakten“ wirken psychologische Einflüsse mit, z. B. Zögern bei Absicherung von Eventualschäden zu Lasten von sofortigen sicheren Kosten und Rentabilitätseinbußen, Auswirkungen von Reputationsschäden.

Tabelle 2 zeigt, dass vielfältige Absicherungsmaßnahmen z. T. simultan zu berücksichtigen sind (Dadfar et al. 2012).

Aus der Kombination von vielen Risiken und Schutzmaßnahmen ergibt sich eine große Komplexität. Die Hewlett-Packard Company hat ein auf einem mathematischen Modell basierendes IT-System entwickelt, welches man als Kombination von statistischen Verfahren (Prognosen), logistischen Algorithmen (Peitscheneffekt), Lagerdispositionsmethoden, Finanzmathematik und Szenariotechnik einstufen kann (Nagali et al. 2008).

Die Fortschritte bei den Rechenkapazitäten (Modellgröße, die im Hauptspeicher gehalten werden kann, geringer Zeitbedarf für das Durchrechnen) lassen Simulationen unter Berücksichtigung von zeitversetzten Rückkopplungen und Kettenreaktionen als Methode der Wahl erscheinen. Multi-Agenten-Verfahren könnten sich als nützlich erweisen, indem die Software-Agenten die vielen Instanzen im Netz (nicht nur Betriebe, sondern z. B. auch Transportstrecken, maschinelle Anlagen) mit ihren zum Teil divergierenden Informationsständen, Zielfunktionen und Restriktionen repräsentieren.

Eine weitere Kategorie von Beiträgen der WI bezieht sich auf Daten und Wissen. Beides muss mit IT-Unterstützung aus verstreuten Netz-internen und -externen Quellen zusammengetragen, verarbeitet und wieder verteilt werden („Information sharing“).

Die Aggregationen von Detailinformationen zu Risikomaßen sind ebenso Herausforderungen an die WI wie Berechnungen, etwa das gerade für Güternetze vielversprechende Verfahren „Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment“ (Mertens et al. 2011).

**Tab. 2** Absicherungsmaßnahmen im SCRM

1.	Redundanz (Betriebsmittelkapazitäten, Material/Lagerstätten, Personal, Güterlieferanten, Dienstleister)
2.	Übernahme von Partner-Unternehmen (Knoten und Kanten im Netz) zwecks engerer Kontrolle
3.	Absichernde Verträge, Beistandsverträge mit Partner-Unternehmen (u. a. „Ersatz-Partner“), Regierungen, Gewerkschaften
4.	Versicherungen, z. B. für Betriebsunterbrechung, Vertragsstrafen
5.	Eigentumsvorbehalte
6.	Hedging gegen große Preisschwankungen (Supply Chain Council o. J.)
7.	Notfallpläne
8.	Besondere Betonung der Flexibilität bei der Produktentwicklung und Produktion, sodass die verlangten Varianten (z. B. Sonderausstattungen) erst nach Auftragsingang hergestellt oder Produkte sehr spät noch modifiziert werden können („Postponing“)

Erwägenswert ist ein systematischer Austausch der Beobachtungen von Gefahren zwischen den Instanzen des Netzes. Dabei können die Berichtsformate, die dezentralen und zentralen Datenspeicher sowie die Auswertungsmethoden standardisiert werden, u. a. um Lagebilder zu erzeugen, externe Daten zu sammeln und in neuen Datenspeichern abzubilden. Man kann das als die Umkehrung des Wissensextraktes aus Datenspeichern sehen, denn das so gewonnene Wissen muss in geeigneter Form vereint werden („Knowledge mapping in databases“).

## 4.2 Nahrungsmittel

Das Management von und in globalen Nahrungsketten darf man als wichtigen und komplizierten Spezialfall des SCM ansehen.

Im Fall von Verunreinigungen, z. B. wenn in einem Endprodukt Salmonellen auftauchen oder gar Menschen nach Verzehr des Nahrungsmittels erkranken, greifen verschiedene Prozesse, die von unterschiedlichen Institutionen mit IT-Unterstützung organisiert sind, wie der folgende Ablauf zeigt:

Oft muss eine Nahrungskette vom käuflichen Erzeugnis bis zum Ursprung zurückverfolgt werden. Ein Beispiel sind die in einem bestimmten Bauernhof gelegten Eier oder die Bestandteile der Charge des Hühnerfutters bei dessen Hersteller. Hierzu dokumentieren z. B. das European Egg Consortium (EEC) und der Handelskonzern Metro mit dem System OS-FS (Online Service – Food Safety) die Bewegung von Eiern in einer Lieferkette, in die u. a. Futtermittelhersteller, Legebetriebe, Packstellen, Prüfstellen und Einzelhandel eingegliedert sind. Die Betriebe in der Kette müssen sich gegenüber einem zentralen System authentifizieren. Die nachfolgenden Chargen nehmen jeweils Bezug auf die Vorchargen (Heinemann 2006; Mertens 2013, S. 275). Gegenwärtig experimentiert man mit neueren Entwicklungen der IT wie „Cloud Computing“ oder mobiler Informationsverarbeitung.

## 4.3 Arzneimittel

Auch die Liefernetze zur Medikamentenversorgung kann man als Spezialfall des SCM ansehen.

Die hohen Anforderungen an Wissen und Finanzkraft haben z. B. bei Kombi-Impfstoffen oder Chemotherapie-Medikamenten zur Bildung von marktmächtigen Oligopolen geführt, die systemische Knoten im Netz sind. Diese versuchen Überkapazitäten zu vermeiden, sodass bei Epidemien Engpässe in Apotheken und Krankenhäusern entstehen („Impfstoffkrise“) (Ohne Verfasser 2014c; Ettl und Fründt 2014).

Als Reaktion hat das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte 2013 eine Datenbank eingerichtet, über die rechtzeitig, aber freiwillig Lieferengpässe gemeldet werden sollen. Zur Auflösung kommen auch Querlieferungen in Frage, z. B. zwischen Apotheken. Dies impliziert einen hohen Informationsstand über alle Bestände im Netz und anspruchsvolle Zuweisungsalgorithmen zur Bestimmung von logistisch optimalen Ausgleichslieferungen.

#### 4.4 Betriebsmittel

Optimistische Vorhersagen zu „Industrie 4.0“ beinhalten, dass in Zukunft nicht mehr IT-Systeme miteinander kommunizieren, die auf Funktionen bezogen sind, wie z. B. Warenwirtschaftssysteme, sondern betriebs- und unternehmensübergreifend sofort Werkzeugmaschinen, Fertigungsanlagen, automatische Lager, innerbetriebliche Fahrzeuge, LKWs und andere Betriebsmittel (Bulczak und Gneuss 2014).

Weitere Szenarien beziehen sich bis hin zu automatischen, aber menschenähnlichen Verhandlungen über logistische Dispositionen zwischen Betriebsmitteln von Unternehmen und Verkehrsträgern.

Gegenstand der Kommunikation können z. B. Abstimmungen über Kapazitätsquerschnitte in der mittelfristigen Planung, Zuweisungen von zu transportierenden Gütern zu Straßenfahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen oder Umdispositionen nach Störungen sein. Erfolg versprechende Ansätze unter Verwendung von Software-Agenten, welche die einzelnen Betriebsmittel mit ihren Merkmalen, Zielen und Einsatzplänen repräsentieren, findet man bei Falk (1995) und Weigelt (1994).

Hierbei gilt es, einen geeigneten Normungsstand zu erreichen. Das eine Extrem sind weltweite und entsprechend von Weltorganisationen entwickelte und verabschiedete detaillierte Vorschriften, z. B. Protokolle zum Datenaustausch zwischen Netzknoten. Das andere Extrem stellen sehr flexible und formlose, aber automatisierte Ad-hoc-Kommunikationsvorgänge dar, analog den Dialogen, die zwischen Menschen in Telefonaten stattfinden („Menschenähnliche Informationsverarbeitung im wirtschaftlichen Zusammenhang“ (Mertens und Barbian 2014a)).

#### 4.5 Verkehr

Erstreckt man die Betrachtungen auf die Verkehrsnetze, so erkennt man auch dort die Defizite bei der Untersuchung der systemischen Schwachstellen bzw. die Fehler in Gestalt zu breit angelegter Investitionen und Reparaturen im Netz. So äußerte Heiko Fischer, Vorstand des Logistikkonzerns VTG: „Der Staat hat 20 Jahre zu spät angefangen, systemisch zu erneuern“ (Euler 2011).

Von dem im Verkehrswegeplan als besonders dringlich eingestuftem Projekten (Verhältnis der Nutzen und Kosten  $> 8$ ) wurde von 2003 bis 2013 jedes fünfte fertiggestellt, aber bei einer Relation  $< 3$  fast jedes vierte (Delhaes 2014).

Im weiteren Sinn mag man die frühzeitige Analyse von Knoten und Kanten in Verkehrsnetzen einbeziehen, die als Alternativen in Betracht kommen, sobald die „normalen“ Verbindungen gestört sind. Beispiele sind Flugrouten, als Aschewolken nach dem Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull oder Terrorgefahr im Luftraum über der Ostukraine Flugkorridore unpasierbar machten. Die Modelle müssen dann um Netzteile für diese Notfälle ergänzt werden, um frühzeitig Ausweich-Entscheidungen simulieren zu können.

#### 4.6 Energie

Energienetze als Ganzes mag man als systemisches Element in der gesamten Volkswirtschaft sehen. Das zeigen z. B. dramatische Szenarien über Stromausfälle (Els-

berg 2012) mit hohem SAIDI-Wert („System Average Interruption Duration Index“) (Bundesnetzagentur 2014).

Es gibt wichtige Untersuchungen, die zeigen, wie künftige EUS zu regelmäßigen Anpassungen der Stromnetze an veränderte Bedingungen aussehen könnten, wobei große und laufend aktualisierte Datenbanken und spezielle statistische Methoden im Zentrum stehen. So hat ein internationales Forscherteam der US-Akademie der Wissenschaften ein Maß für die Robustheit von Netzen entwickelt (Schneider et al. 2011) (vgl. Kap. 5) und z. B. gezeigt, dass man nur jede zwanzigste Verbindung verändern müsste, um die Ausfallsicherheit des europäischen Stromnetzes um 45 % zu steigern. Gemeint sind prioritär Verbindungen in Norditalien an der Schweizer Grenze und solche zwischen Deutschland und Polen, aber auch in Frankreich (Gräbner 2011).

#### 4.7 Trinkwasser

Die Trinkwasserversorgung von Haushalten und Unternehmen erfolgt in Ballungsgebieten über weitverzweigte Netze. In Berlin werden pro Jahr ca. 200 Mio. m<sup>3</sup> durch ein kompliziertes Rohrsystem von rund 8000 km Länge gepumpt. Vernetzt sind u. a. 9 Wasserwerke, 900 Brunnen, 63 Reinwasserbehälter und 89 Reinwasserpumpen.

Die Steuerungscomputer sind die systemischen Knoten. Winzige Manipulationen an ihnen würden ausreichen, das Leben in der Stadt empfindlich zu beeinträchtigen (Berke 2014).

#### 4.8 Banken

Einige Besonderheiten dieser Netze, die mit Herausforderungen an die WI einhergehen, sind:

1. Neben der globalen Verflechtung der Banken untereinander besteht eine erhebliche Vernetzung mit Regierungen wegen gegenseitiger Abhängigkeiten. Daraus entstehen auch im Kern sachfremde Kriterien, wie z. B. Anweisungen, bei Risikoprüfungen Kredite an Staaten unberücksichtigt zu lassen bzw. Staatsinsolvenzen nicht in Simulationen einzubeziehen (Ohne Verfasser 2011; Ohne Verfasser 2014b; vgl. auch Hesse und Pauly 2013). Die Wissenschaft muss mit eigenen Analysen, z. B. mit Simulationen von Schocks im Netz unter Beachtung von zeitversetzten Rückkopplungsschleifen („System Dynamics“), auf die Gefahren solcher Politik hinweisen.
2. Bisher unbekannte bzw. unberücksichtigte Netze werden plötzlich sichtbar. So sorgte im Juli 2014 das Geschehen um die portugiesische Familie Espírito Santo für beträchtliche Irritationen an den Finanzmärkten. Sie besitzt neben zahlreichen anderen Engagements rund ein Viertel der Anteile der zweitgrößten portugiesischen Bank BES (Banco Espírito Santo). Die auf mehrere Zweige verteilte Familie hält ihre Beteiligungen in einer wenig transparenten Kaskade von Holdings (Ohne Verfasser 2014a). Es besteht methodisch kein prinzipielles, wohl aber ein Größen- und Komplexitätsproblem, wenn man globale Netze von Banken und „Nicht-Banken“ verknüpfen will (Vitali et al. 2011; Battiston et al. 2012).



3. Vorerst nicht regulierte Institute bzw. Schattenbanken wie Hedgefonds sind in die aktuellen Stabilisierungsaktionen noch nicht einbezogen.
4. Viele nationale und internationale Institutionen sind mit speziellen Kontrollaufgaben und -vollmachten ausgestattet. Diese bedienen sich aus diversen Datenspeichern und sind sachlich sowie zeitlich nicht immer gut abgestimmt, sodass zwischenbetrieblich integrierte Systeme der Daten- und Methodenintegration geschaffen werden müssen.
5. Geschwindigkeiten der Ausbreitung von Informationen einschließlich von Gerüchten sind extrem, z. B. beim Hochfrequenzhandel in Fast-Echtzeit.
6. Starke und schwer vorhersagbare psychologische Effekte in Gefahrensituationen, z. B. Gerüchtebildung, Herdentrieb, Panikreaktionen („Bank run“), sind zu berücksichtigen, zumal Krisensignale gerade in der Bankenbranche große politische und mediale Aufmerksamkeit finden (Ohne Verfasser 2014d). Zu entwickeln und erproben wären branchenbezogene Methoden, um Stimmungslagen und Verhaltensprognosen aus Sozialen Netzwerken herauszufiltern.
7. Ergebnisse der Finanzmarktforschung deuten darauf hin, dass das Markowitz-Modell zur Abwägung zwischen Gewinnchancen und Risiken verschiedener Vermögensklassen, welches stationäre, normalverteilte und linear korrelierte Strukturen unterstellt, bei der Geldanlage nicht mehr realitätskonform ist (Center for Quantitative Risk Analysis 2009). Daher muss nach neuen Methoden zur Beherrschung von Risiken in der vernetzten Bankenbranche gesucht werden. Hierzu hätte die WI theoretische Entwicklungen zum „Knowledge discovery from databases“ in die Praxis der Finanzwirtschaft umzusetzen.
8. Es existieren große finanzielle Anreize zum Fehlverhalten seitens der Leitungs- und Fachgremien in den Banken. Diese Schwachstelle muss auch durch neue IT-gestützte Kontrollsysteme, namentlich für Aufsichtsorgane, angegangen werden (Mertens 2010).

EU-Gremien arbeiten zusammen mit nationalen Institutionen an einer sogenannten Bankenunion, in deren Rahmen die Kreditinstitute strengen Kontrollen unterworfen werden sollen. Die Auswahl der besonders zu überprüfenden Banken folgt sehr stark dem Prinzip „Too big to fail“ (TBTF). Die institutionelle Grenzziehung, wonach die EZB alle Banken mit einer Bilanzsumme über 30 Mrd. € direkt beaufsichtigen soll, wurde in Wissenschaft und Politik als „völlig willkürlich“ oder ähnlich kritisiert. Es wird darauf verwiesen, dass auch das Kriterium „Too interconnected to fail“ (TITF) zu berücksichtigen ist. Der Zusammenbruch von Lehman Brothers löste eine Kettenreaktion aus, die für das gesamte weltweite Finanzsystem eine ernste Bedrohung darstellte. Die US-Regierung hat später bedauert, die Investmentbank nicht rechtzeitig gerettet zu haben. Möglicherweise lag es daran, dass die Aufsicht das Geflecht von 3000 rechtlich selbstständigen Gesellschaften des Konzerns mit Sitz in über 50 Staaten nicht mehr überblicken konnte (Rudolph 2014, S. 73).

In diesem Zusammenhang zeigt sich ein weiteres Problem der Netzarchitektur: Einzelne Knoten, wie z. B. lokale Sparkassen, sind nicht systemisch, sehr wohl aber Verbände wie die Deutsche Sparkassenorganisation, weil innerhalb der Gruppe eigene Sicherheitsmechanismen greifen, sodass unter Umständen ein spezielles Subnetz von Haftungsverflechtungen entsteht, das temporären Charakter haben kann.

Der Komplexität der Kriterien Rechnung tragend, hat der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht 2011 einen indikatorbasierten Messansatz entwickelt (Rudolph 2014, S. 78). Dieser ist freilich statisch und reflektiert keine Abläufe und Domino-Effekte.

Im Wissen darum, dass die im europapolitischen Raum und in anderen Ländern (USA, Großbritannien, Schweiz) praktizierten Verfahren noch nicht ausgereift sind, hat man diverse Ausschüsse eingerichtet, so z. B. den European Systemic Risk Board (ESRB), dem auch ein Gremium von Wissenschaftlern zuarbeitet. Diese sollen die Netz-Problematik, z. B. auch die sogenannten Ansteckungskanäle, intensiver analysieren und das Thema „Makroprudentielle Politik“ bearbeiten. Darunter versteht man die Aufsicht über das gesamte Finanzsystem und dessen Regulierung, um Krisen zu verhindern. Hierzu gehört ausdrücklich, systemische Risiken zu identifizieren und zu priorisieren, sodass Frühwarnsignale ausgesendet werden können, und einschlägige politische Empfehlungen auszusprechen. Ein Problem aus Sicht der Forschung liegt darin, dass mit der Arbeit solcher Gremien eine Art Zensur verbunden ist. So berichtete der SPIEGEL Folgendes: Ein wissenschaftliches Beratungsorgan des ESRB habe vorgeschlagen, Klumpenrisiken zu vermeiden, indem Banken auferlegt wird, die erworbenen Staatsanleihen zu begrenzen. Der EZB-Präsident Draghi habe die Empfehlungen wegen ihrer Brisanz „zur Überarbeitung“ zurückgegeben (Hesse und Pauly 2013).

Als größte Herausforderung an die WI erachten wir den Aufbau von branchenbezogenen, gleichwohl durch Parametrierung flexibel einsetzbaren EUS, in deren Mittelpunkt Methodenbanken zur Simulation von Schocks bzw. Krisenverläufen stehen. Gegenwärtig sieht man sich in Anbetracht der großen Zahl von Knoten, Datenvolumina, der Vielfalt der Merkmale, die an den einzelnen Knoten (z. B. Banken) unterschiedlich abgegrenzt und kodiert werden, noch mit einem Dilemma konfrontiert: Man kann entweder für jede der sehr vielen Instanzen (Knoten, Kanten) des Netzes wenige Merkmale modellieren oder umgekehrt per (oft problematischer) Aggregation wenige Instanzen vorsehen, diese aber mit einer großen Zahl von Deskriptoren ausstatten. Fortschritte bei der IT-Hardware und bei der Simulationsmethodik im weitesten Sinne mögen bei diesem Skalierungsproblem zu beträchtlichen Erleichterungen führen.

Wegen der kleinen Zeitfenster müssen die von der WI entwickelten Entscheidungsunterstützungsverfahren sehr schnell arbeiten. Für die eigentlichen Simulationen ist das durch Verarbeitung des gesamten EUS im Hauptspeicher („In-memory-Computing“) erreichbar. Umso mehr gilt es, die Modellierung und Parametrierung der alternativen Szenarien und die – ggf. situationsbezogene, rollenorientierte und personalisierte – Auswertung der Simulationsergebnisse zu beschleunigen. Die Herausforderung für die WI liegt darin, entsprechende Zu- und Abgangssysteme zu entwickeln und einzuführen (Mertens et al. 1991; Mertens und Barbian 2014a; Mertens und Meier 2009, insb. S. 71–73; Bodendorf 1981).

#### 4.9 Versicherungen

In der globalen Versicherungswirtschaft wirkt das Bewusstsein für die Identifikation von systemischen Risiken im vernetzten Geschäftsgeschehen etwas ausgeprägter als in der Bankenbranche.

Die International Association of Insurance Supervisors (IAIS) hat 2013 einen Zwischenbericht „Global Systematically Important Insurers (G-SIIs): Initial Assessment Methodology“ vorgelegt (IAIS 2013).

Anders als in der Bankenbranche wird der Vernetzung mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Die einschlägigen Kriterien dienen freilich mehr statischen „Was-wäre-wenn-Analysen“, z. B.: „Was bedeutet ein hoher Verlust der Versicherung V für die Bilanz der Rückversicherung R?“ Die Dynamik wird unseres Wissens (noch) nicht simuliert.

#### 4.10 Katastrophen

Begreift man Katastrophen als plötzliche, unerwartete Vorfälle mit teilweise nicht vorstellbaren Folgen, die in der gleichen Form in der gleichen Umgebung nur selten vorkommen, wie z. B. eine Explosion mit radioaktivem Niederschlag, ein schweres Zugunglück oder ein terroristischer Anschlag, so findet man in der Regel kein durchdachtes Netzwerk mit Knoten vor, welche genau definierte Funktionen haben.

Daher müssen sich die Netze situationsabhängig formieren und systemische Knoten ad hoc festgelegt werden, wie z. B. eine Autorität, die Hilfsmaßnahmen koordiniert und so Chaos verhindert oder mildert.

Als Beispiel für die diesen Netzen inwohnende Dynamik diene ein mit einer Katastrophe verbundener Stromausfall: In Krankenhäusern sind Dieselaggregate anzuwerfen, um den Operationsbetrieb (z. B. Herz-Lungen-Maschinen, Intensivpflege-Aggregate) aufrecht zu halten. Wird der Treibstoff in den Tanks der Krankenanstalten knapp, so muss nachbevorratet werden. Die Tankstellen funktionieren aber bei Stromausfall nicht.

Im Zeitalter der mobilen IV empfiehlt es sich, Verzeichnisse von Kompetenzträgern (Institutionen und Personen) anzulegen und entsprechende Vernetzungen (etwa Hautärzte mit Spezialkenntnissen für Verätzungen durch Chemikalien und Spezialkliniken) so vorzuhalten, dass auch Laien, wie Polizisten und Rettungssanitäter an schwer zugänglichen Orten, rasch Telefonkontakt herstellen können, um professionelle Ratschläge zu Sofortmaßnahmen einzuholen.

Bei Katastrophen-Netzen geht es also nur bedingt um die frühzeitige Identifikation von systemischen Knoten als eher um deren Ad-hoc-Bestimmung, ggf. in Verbindung mit dynamischer Modellierung und Simulation von alternativen großflächigen Katastropheneinsätzen. Dabei ist auch an unterschiedliche Annahmen zu Richtung, Geschwindigkeit, Reichweite und Stärke von Ausbreitungsbewegungen, etwa Bränden oder Flüchtlingsströmen, zu denken.

## 5 Methoden

Methoden, die für die Untersuchung und Beherrschung der systemischen Risiken in Frage kommen, hat man zunächst in den Planungswissenschaften i. w. S. zu suchen, und damit auch im Operations Research (OR).

Bei der Planung großer und komplexer Projekte wurde schon in der Frühzeit des OR erkannt, dass man mit Priorität die kritischen Pfade berechnen musste, also jene

Vorgänge, deren Störung (hinsichtlich Dauer, Kapazitätsmangel, Kosten, Kapitalbindung, Management-Qualität und -Kapazität) den Gesamterfolg des Vorhabens beeinträchtigt, um den Fokus von Planung, Steuerung bzw. Umdisposition und Überwachung dorthin zu lenken. In der Folge wurden die verschiedensten diskreten und stochastischen Methoden der Netzplantechnik (z. B. GERT) entwickelt, in Software-Paketen standardisiert und um Kontroll-Module erweitert.

Sowohl der Bedarfssog nach Verfahren, die die Behandlung sehr großer und komplizierter Vorhaben gestatten, als auch der Technologiedruck durch Berechnung im Hauptspeicher zeigen in Richtung auf Analysen, die sich sehr stark der verfeinerten Simulation bedienen (vgl. Abschn. 4.1). Eine Art Renaissance scheinen die in diesem Kontext KI-basierten Software-Agenten zu erleben (Singhal et al. 2011; vgl. auch Abschn. 4.1).

Der Getriebehersteller SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG stellte auf dem Materialflusskongress der TU München 2014 ein Planungs- und Kontrollwerkzeug vor, das mit Hilfe verfeinerter mathematischer Dispositionsmethoden (APS = Advanced Planning Systems) und In-memory-Technik nicht nur Optima berechnet, sondern die aktuellen Detaildaten des gesamten Liefernetzes bereithält.

Sehr wichtige methodische Anregungen findet man in der Allgemeinen Systemforschung und dort im Zweig Netzwerkforschung. Für uns nützliche Arbeiten sind z. B. vom Lehrstuhl für Systemgestaltung an der ETH Zürich geleistet worden (Vitali et al. 2011; Battiston et al. 2012). Hier hat man das Maß DebtRank entwickelt. Mit ihm misst man den Bruchteil des gesamten wirtschaftlichen Wertes in einem Netz, der von einem Knoten beeinflusst werden kann. Unterstellt wird, dass einem Defekt eines Knotens eine Kaskade von Schäden an anderen Knoten folgt. Eine Verwandtschaft zeigt sich zu physikalischen Phänomenen, wie z. B. den Folgen von Brüchen in Gerüsten („Bruchmechanik“), aber interessanterweise auch zum PageRank-Algorithmus von Google.

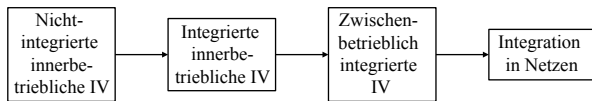
Ein besonders wichtiges Vorbild ist die *Epidemiologie* in Verbindung mit der *Epizootiologie*. Die Epidemiologie hat ihren Ursprung schon in den Arbeiten von Lancini (1654–1720) und Snow (1854) sowie zum Ende des 19. Jahrhunderts Pettenkofer, die als („systemischen“) Ausgangsort diverser Erkrankungen, darunter Malaria und Cholera, städtische Wasserfassungen und Sümpfe erkannten. Daraus entstand als Vorgänger die „Seuchenkunde“ (Wikipedia 2014). Sie hat im Lauf der Jahrzehnte eine beachtliche Reife erreicht. Wichtige Maße sind die Inzidenz (Zahl der Neuerkrankungen pro Population und Zeitstrecke), die Prävalenz (Anzahl der erkrankten Individuen in der Population), Attributionelles Risiko (Beitrag von Faktoren (z. B. Alter, Geschlecht, Genussgifte) zu einer bestimmten Erkrankung) und Reproduktionsrate (Ansteckung mit und ohne Schutzmaßnahme wie z. B. Impfung). Vor allem sind die mathematischen Modelle zur Beschreibung und Prognose der Krisenfolgen bzw. der Ausbreitung unter Verwendung der Kriterien von hohem Anregungswert für die WI. Soweit wir erkennen können, arbeitet man in der Epidemiologie auch an der Absorption von Schocks über der Zeitachse und über zurückgelegten Entfernungen, wobei die Funktionen in der Regel nichtlinear sind. Analogien zu Krisen-Ausbreitungsprozessen, wie sie die WI erforschen sollte, drängen sich auf.

In der *Krebsforschung* und dort vor allem im Zusammenhang mit der Proteom-Theorie analysiert man mit Hilfe des Hauptspeicher-Verfahrens HANA Zusammen-

**Tab. 3** Zuordnung der Methoden zu den Netzen

Methoden	Netze									
	Physische Güter	Nahrung	Arznei	Betriebsmittel	Verkehr	Energie	Trinkwasser	Banken	Versicherungen	Katastrophen
Datenfusion	X	X	X		X			X	X	X
Wissensextraktion aus Datenspeichern und Sozialen Netzwerken	X	X		X				X	X	
Investitionsrechnung mit Risikobewertung	X		X		X	X	X	X	X	
Netzplantechnik (NPT)					X					
SCM-Module	X		X				X			X
Methodenbanken	X				X	X	X	X	X	
Dispositionssysteme	X	X	X	X						
Multi-Agenten-Systeme (MAS)	X		X	X						
Simulatoren	X				X	X		X	X	X
Menschenähnliche IV	X	X	X	X						X
Allgemeine Systemforschung/ Netzwerkforschung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Abb. 2** Entwicklung der WI hin zu Netzen



hänge zwischen den Eiweißen (Proteinen) im Netz der Blutgefäße, vor allem der Veränderung ihrer Konzentration als Funktion von Krankheiten und von natürlichen Abwehrreaktionen des Körpers dagegen. Eine Besonderheit, die für die WI interessant werden könnte, liegt darin, dass man nicht länger auf relative grobe Clusteranalysen beschränkt ist, die z. B. individuellen und u. U. plötzlich auftretenden Mutationen nicht Rechnung tragen. Einen ersten Überblick über die derzeit in Deutschland unternommenen Anstrengungen gewinnt man bei Voelpel (2014).

Mit Tab. 3 versuchen wir – naturgemäß ohne Anspruch auf Vollständigkeit – in Frage kommende Methoden den Netzen zuzuordnen.

Allgemeiner ausgedrückt kann man die verschiedensten Erkenntnisse der zwischenbetrieblichen Informationsverarbeitung zu neuen Hilfsmitteln der Prozesse in Netzen und zur zugehörigen Entscheidungsvorbereitung bis hin zur Vollautomation aufbereiten. Diese Entwicklung lässt sich auf der historischen Zeitachse wie in Abb. 2 darstellen.

Durch vermehrte Betrachtung der Netze in der Gesamtwirtschaft, z. B. der Vernetzung im Finanzsektor, findet auch der seinerzeit umstrittene Namenswechsel von „Betriebsinformatik“ zu „Wirtschaftsinformatik“ eher Berechtigung.

## Literatur

- Barth A, Schnabel I (2013) Why banks are not too big to fail: evidence from the CDS market. *Econ Policy* 74:335–369
- Battiston S et al (2012) DebtRank: too central to fail? Financial networks, the Federal and Systemic risk. *Sci Rep* 2:541
- Berke J (2014) Geheime Mission. *Wirtschaftswoche* vom 28.07.2014:40–45
- Bodendorf F (1981) Unterstützung der Anwender von Statistiksoftware. Dissertation, Nürnberg
- Brodowski D, Freiling F (2011) Cyberkriminalität, Computerstrafrecht und die digitale Schattenwirtschaft. *Forschungsforum Öffentliche Sicherheit, Schriftenreihe Sicherheit* 4, März 2011, Berlin
- Bulczak L, Gneuss M (2014) Die schlechtere Hälfte. *Welt am Sonntag* vom 19.01.2014, S 34. Dieselben (2014) Das geht an keiner Branche vorbei. ebenda
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2014) Jahresbericht 2013, Bonn
- Center for Quantitative Risk Analysis der LMU München und FidesTrust Vermögenstreuhand GmbH (Hrsg) (2009) Gering korrelierte Anlageklassen, Diversifikationsmodell der Vergangenheit? München
- Dadfar D, Schwartz F, Voß S (2012) Risk management in global supply chains – Hedging for the big bang? In: Mak H-Y, Lo HK (Hrsg) *Transportation & Logistics Management. Proceedings of the 17th International HKSTS Conference*, HKSTS, Hong Kong, S 159–166
- Delhaes D (2014) Je unwichtiger, desto schneller gebaut. *Handelsblatt* vom 03.04.2014:8
- Elsberg M (2012) Blackout – Morgen ist es zu spät. Random House, München
- Ettel A, Fründt S (2014) Ausgepickt. *Welt am Sonntag* vom 02.02.2014:29–30
- Euler C (2011) 20 Jahre zu spät. *Welt am Sonntag* vom 17.06.2011:48
- Falk J (1995) Ein Multi-Agentensystem zur Transportplanung und –steuerung bei Speditionen mit Trampverkehr – Entwicklung und Vergleich mit zentralisierten Methoden und menschlichen Disponenten. Dissertation, Nürnberg
- Gräbner M (2011) Standhaftere Netzwerke. *Telepolis* vom 23.02.2011. <http://www.heise.de/tp/artikel/34/34248/1.html>. Zugegriffen: 17. Aug. 2014
- Heinemann J (2006) Du bist, was du isst. *IT Director* vom 13.01.2006: ohne Seitenangabe
- Hesse M, Pauly C (2013) Stress beim Stresstest. *Der Spiegel* 48:76–77
- IAIS (Hrsg) (2013) Global systemically important insurers: Initial assessment methodology. Basel
- Knop C (2014) Deutschlands Chefs entdecken das Neuland. *FAZ* vom 17.06.2014:24
- Lutz M, Bewarder M (2014) Regierung plant TÜV für die IT-Sicherheit. *Die Welt* vom 19.08.2014:1, 4
- Mertens P (1966) Die zwischenbetriebliche Kooperation und Integration bei der automatisierten Datenverarbeitung. Gabler, Meisenheim
- Mertens P (2010) Führungsinformationssysteme für Kontrollorgane – Neue Paradigmen für die Managementinformation. *Informatik Spektrum* 1:14–26
- Mertens P (2013) Integrierte Informationsverarbeitung Bd. 1, 18. Aufl. Springer Gabler, Wiesbaden
- Mertens P, Barbian D (2014a) Forschung über „Grand Challenges“ – Eine „Grand Challenge“. *Arbeitsbericht Nr. 1/2014*, 2. Aufl. 2014, Nürnberg. [http://www.wi1.uni-erlangen.de/sites/wi1.uni-erlangen.de/files/arbeitsbericht\\_grandchallenges\\_05082013.pdf](http://www.wi1.uni-erlangen.de/sites/wi1.uni-erlangen.de/files/arbeitsbericht_grandchallenges_05082013.pdf). Zugegriffen: 14. Nov. 2014
- Mertens P, Barbian D (2014b) Die Wirtschaftsinformatik der Zukunft – auch eine Wissenschaft der Netze? *Arbeitsbericht Nr. 2/2014*, Nürnberg. [http://www.wi1.uni-erlangen.de/sites/wi1.uni-erlangen.de/files/arbeitsbericht\\_netzwissenschaft\\_2014.pdf](http://www.wi1.uni-erlangen.de/sites/wi1.uni-erlangen.de/files/arbeitsbericht_netzwissenschaft_2014.pdf). Zugegriffen: 14. Nov. 2014
- Mertens P, Meier MC (2009) Integrierte Informationsverarbeitung 2 – Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie, 10. Aufl. Gabler, Wiesbaden
- Mertens P, Wedel T, Hartinger M (1991) Management by Parameters? *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 61:569–588
- Mertens P, Zeller AJ, Große-Wilde J (2011) Kooperative Vorhersage in Unternehmensnetzwerken. In: Mertens P, Rässler S (Hrsg) *Prognoserechnung*, 7. Aufl. Springer, Heidelberg, S 621–635
- Nagali V et al (2008) Procurement Risk Management (PRM) at Hewlett-Packard Company. *Interfaces* 38:51–60
- Ohne Verfasser (2009) Perspectives on risk management in supply chains. *J Oper Manag* 27:114–118 (insb 116)
- Ohne Verfasser (2011) Bankenstresstests werden aufgeweicht. *FAZ* vom 05.03.2011:11
- Ohne Verfasser (2014a) Europas Finanzmärkte schalten wieder auf Krise um. *FAZ* vom 11.07.2014:32
- Ohne Verfasser (2014b) Banken erwarten harten Stresstest. *FAZ* vom 28.03.2014:22

- Ohne Verfasser (2014c) Skandalöser Missstand. Der Spiegel 10:94
- Ohne Verfasser (2014d) Bedingt abwicklungsbereit. Handelsblatt vom 07.08.2014:27
- Rolf A (2014) Die BWL läuft der Vernetzung hinterher. FAZ vom 07.07.2014:16
- Rudolph B (2014) Bankregulierung zur Lösung des „too big to fail“-Problems. Die Unternehmung 2:71–74
- Schneider CM et al (2011) Mitigation of malicious attacks on networks. PNAS 10:3838–3841
- Singhal P, Agarwal G, Mittal ML (2011) Supply chain risk management: review, classification and future research directions. Int J Bus Sci Appl Manag 3:15–42 (hier 17)
- Supply Chain Council (Hrsg) (o. J.) Hedging against supply risk: predictive intelligence and informed actions prevent crisis, o.O.
- Voelpel S (2014) Die neue Welt der Medizin, FAZ vom 04.06.2014:19
- Vitali S, Glattfelder JB, Battiston S (2011) The network of global corporate control. Zürich
- Weigelt M (1994) Dezentrale Produktionssteuerungen mit Agenten-Systemen – Entwicklung neuer Verfahren und Vergleich mit zentraler Lenkung. Gabler, Wiesbaden
- Wikipedia (2014) Stichwort „Epidemiologie“. Zugegriffen: 24. Aug. 2014
- Ziegenbein A (2007) Supply-Chain-Risiken. vdf Hochschulverlag, Zürich