

Solvency II in the New Normal: David gegen Goliath oder Resilienz gegen Autopoiesis

G. Stahl, 7. April 2026

Zusammenfassung

Die Antwortdimensionen auf die Frage, ob und inwieweit Solvency II die Resilienz der Assekuranz systemisch (und im Vergleich zu Solvency I nicht nur kapitalseitig) stärkt, legen es nahe, den Bogen etwas weiter zu spannen. Resilienz, als unternehmensseitige Lösungsstrategie für und Resonanz auf allfällige disruptive Veränderungen der Umwelt verstanden, erlaubt eine dynamische, flexible Anpassung bzw. Transformation. Da insbesondere nach der Finanzkrise die Regulatorik ihr Heil in der Präzisierung von Vorschriften suchte, rückt zunächst ein historischer Abriss auf-sichtlicher Ansätze ins Blickfeld, um darzulegen, wie aus ehemals prinzipienbasierten Ansätzen die heutigen Prozessorientierten erwachsen. (Abschnitt 1 und 2). Abschnitt 3 verwendet Luhmann's Einsichten, um die Rolle von Prüfern, Aufsicht und Entscheidungsträgern theoretisch zu schärfen. Dabei kommt der konsistenten Verwendung seines Risikobegriffs, seiner Theorie des Beobachters sowie seiner Deutung der Autopoiesis eine fundamentale Rolle in Bezug auf das Verständnis der Resilienz zu. Neben diesen systemtheoretischen Analysen fokussiert Abschnitt 4 auf die materielle Grundlage von Solvency II, nämlich die der Solvenzbilanz. Ihr Vergleich mit dem Firmenwert zeigt deren immanente blinde Flecken auf, die insbesondere für den Verwendungstest von Bedeutung sind. Abschnitt fünf wendet sich stochastischen Modellen zu. Hierbei kommen Konsequenzen aus der Tatsache, dass regulatorische Modelle Occham's Diktum nach einer sparsamen Modellierung nicht genügen können zur Sprache. Abschnitt sechs skizziert wie Aubin's Viabilitätstheorie für einen mathematischen Überbau zur Modellierung resilienter Strukturen Verwendung finden kann. Abschnitt sieben kommt zu einigen Schlussfolgerungen und gibt zumindest Teilantworten auf die Eingangsfrage.

Inhaltsverzeichnis

1	Heilsversprechen des Fortschritts – Wie alles begann	2
2	Leitsterne regulatorischer Horizonte – Wieviel Freiheit ist nötig?	4
3	Ein Prüfungsuniversum dehnt sich aus - Krise der Legitimation?!	6
4	Solvency II Bilanz – das Numeraire aller Dinge!	12
5	Verwissenschaftlichung und Modelldimension – Occham's Rasiermesser	15
6	Resilienz: Die gestundete Zeit	19
7	Summa summarum	25

1 Heilsversprechen des Fortschritts – Wie alles begann

Zum Zeitgeist Spätestens seit Corona wuchs dem Prinzip der Resilienz ein beinahe axiomatischer Status zu. Daher kommt der Frage, ob und inwieweit Solvency II dieses Paradigma unterstützt, eine grundsätzliche Bedeutung zu. So nehmen politische Akteure die als lähmend empfundenen Bürokratiefolgen im aktuellen öffentlichen Diskurs in den Blick, siehe Koch u. a. [64]. *Die Initiative für einen handlungsfähigen Staat*, siehe Jäckel et al [36], stellt unter strukturellen Gesichtspunkten ein hervorzuhebendes Beispiel dar.

Interessanter Weise führen systemische Strukturähnlichkeiten (Autopoiesis) bei Aufsichtsnormen zu parallelen bürokratischen Entwicklungen, mit der Folge, dass diese Normen nicht den dynamischen Anforderungen unserer Zeit (Resilienz, Agilität) optimal harmonieren, ja sogar hemmend wirken.

Im Folgenden dienen systemische Eigenschaften von Risiko- und Regulierungssystemen, wie sie zur internen und externen Steuerung von Finanzinstituten Anwendung finden, nicht nur zur Deskription aktueller Phänomene, sondern die damit gewonnenen Struktureinsichten ermöglichen die Identifikation möglicher Hebelpunkte für Strukturänderungen. Der Fokus liegt auf Einflüssen der Bürokratie auf:

- die Handlungsfähigkeit von Unternehmen sowie
- auf deren Unternehmens- bzw. Risikokultur.

Neben zu erwartenden Analysen formaler, mathematischer Aspekte liefern vor allem systemtheoretische Ansätze zur Darstellung von Rollen handelnder Akteure sowie die der Erfassung von Rückkopplungen wichtige Einsichten. Darüberhinaus ermöglichen systemtheoretische Modelle einen natürlichen Überbau für interdisziplinäre Konstrukte, wie sie das Risikomanagement nun einmal darstellt.

Der starke kontextuale Bezug von Risikosystemen birgt das Risiko, dass sich disfunktionale Verhaltens- und Vermögenskomponenten von Organisationen auf das mathematische Modell vererben.

Die Tage der Unschuld Die sukzessive Entwicklung risikobasierter Regulierungssysteme führte seit Mitte der 90-er Jahre bei Banken und Versicherungen zu strukturähnlichen Ausgestaltungen der jeweiligen Aufsichtsnormen (drei Säulen Konzept, Genehmigungsvorbehalte der Aufsicht, aufsichtliche Prüfungen...). Als historische Skizze stellt das folgende Beispiel die heutige Strukturähnlichkeit in die Perspektive einer homogenen Evolution von Aufsichtsnormen.

Beispiel 1 (Vom Marktrisiko zu Solvency II): Anno 1997 setzte die deutsche Bankenaufsicht das Market Risk Amendment des Basler Ausschusses der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich mit dem Grundsatz Ia in [13] um. Für die Ausgestaltung der Zulassung interner Modelle bedurfte es dort lediglich **sechs** Seiten. Spätere einschlägige Weiterentwicklungen von Aufsichtsnormen konnten diesem prinzipienbasierten Beispiel weder für des Banken- noch für das Versicherungsaufsichtsrecht folgen (Bsp.: Basel II: 200 Seiten. Solvency II 4000 Seiten). Die Konsequenzen liegen auf der Hand: umfangreiche aufsichtliche Vor-Ort-Prüfungen, hohe Dokumentationsanforderungen (stellvertretend für die Assekuranz betrug die Modelldokumentation einer großen deutschen Versicherungsgruppe 32000 Seiten), ■

Für einen unvoreingenommenen Betrachter macht dieses Beispiel zum Einen das Ausmaß von Bürokratie quantitativ faßbar, zum Anderen eröffnet die Frage, wie es einst möglich war, Modelle für

komplizierte Derivateportfolios von Banken auf sechs Seiten zu regeln, wo heute für vergleichsweise weniger komplizierte Finanzinstrumente von Versicherungen mehrere tausend Seiten von Nöten zu sein scheinen, einen Diskurs über die zu Grunde liegenden strukturellen Gründe:

**Wie entwickelte sich aus einem prinzipienbasierten Ansatz ein System
scheinbar überbürokratischer Kontrolle?**

Im Folgenden steht die Versicherungsbranche im Mittelpunkt der Betrachtung, da das regulatorische Konzept von Solvency II, demjenigen aus Basel für Banken, konzeptionell überlegen ist. Das Konzept basiert auf einer eigens eingeführten, marktkonsistenten Solvency II-Bilanz, deren Saldo Ausgangspunkt für die Bestimmung der Eigenmittel eines Instituts ist. Ein stochastisches Modell prognostiziert mögliche Veränderungen des Saldos über einen Zeitraum von einem Jahr. Für Banken gibt es keine vergleichbaren umfassende Regulierungsansätze.

Mitte der 90-er Jahre vollzog zunächst die internationale Bankenaufsicht einen Paradigmenwechsel, indem sie risikobasierte Aufsichtsnormen etablierte, die dem technischen Fortschritt, der sowohl im Hinblick auf neue Finanzinstrumente, sogenannte Derivate, als auch mit der Entwicklung von PCs, die nicht nur Preisbildung dieser Instrumente in Echtzeit ermöglichte, sondern auch neue Handelsplattformen realisieren ließ, Rechnung trug. Dieses Vorgehen stand in scheinbar unbemerkten Einklang mit Becks soziologischen Einsichten, dass sich die Chiffre postmoderner Gesellschaften via Globalisierung als Risikogesellschaften manifestiert, siehe [7].

Die Einschätzung des potentiellen Nutzens dieser Innovationen schien Unbeschränkt. Andererseits demaskierten schon frühe Beispiele wie Orange County (Informationasymmetrien zwischen Käufer und Verkäufer) und die Insolvenz der Barings Bank (individuelles Fehlverhalten eines Händlers) den Charakter ihrer Janusköpfigkeit.

Für eine unternehmerische und regulatorische Umsetzung einer solchen innovativen Strategie, führte eine traditionelle Kosten/Nutzen Analyse zur folgenden mathematisch unbestimmten Ausgangspositionen, die an Pascal's Wette erinnert:

$$(\infty - \infty) \text{ bzw.} \tag{1}$$

$$0 \times -\infty. \tag{2}$$

D.h. Ereignisse bzw. Entwicklungen, die mit sehr hohen Nutzen einhergehen, können mit solchen, die mit sehr hohen Schäden belastet sind, korrespondieren. Auch wenn eine geringe Schadenwahrscheinlichkeit angenommen ist, bleibt eine Abwägung nicht trivial.

Offensichtlich macht die Wertung der in (1) potentiell vorhandenen materiellen Ambiguität die Verwendung eines (stochastischen) Modells notwendig, weiterhin gilt es, Unsicherheiten, insbesondere aus unerwünschten Nebeneffekten, via (2) zu quantifizieren, was die Fassung in einer stochastischen Formalisierung einer Struktur der Risikoquantifizierung nahe legt.

Die Praxis des Risikomanagements stellt den Anwender meist in einen interdisziplinären Kontext, siehe z.B. Eichberger et al [21] oder Spiegelhalter [68] mit der Folge, dass dem Risikobegriff ein hoher Kontextbezug zukommt, was die Notwendigkeit der Formalisierung der Risikoquantifizierung unterstreicht. Dies unternimmt Aven in seinem Buch *Quantitative Risk Assessment*, [6], das viele Aspekte der ISO-Norm des Risikomanagements [33] formalisiert und konzeptionell präzisiert. Mit dem Ensemble der Risikobeschreibung in (3), fokussiert er die Risikoquantifizierung auf der Basis folgenden Metakonstrukts:

$$(A, \mathbf{U}, C, \mathbb{P}, \mathcal{K}). \quad (3)$$

Dabei bezeichnet: wobei A die Realebene des interessierenden Phänomens (Risikofaktoren), C die Bildebene der (finanziellen) Konsequenzen, \mathbb{P} formalisiert aleatorische Unsicherheiten sowohl für A , mittels \mathbb{P}_A als auch für C mittels \mathbb{P}_C . \mathbf{U} steht für zusätzliche epistemische Unsicherheiten bez. \mathbb{P}_A resp. \mathbb{P}_C und \mathcal{K} bezeichnet das verfügbare Hintergrundwissen des Modellierers bzw. der Entscheider.

Insbesondere bei sehr komplizierten Modellen führt die Bestimmung von \mathbf{U} in (3) schnell zur Frage nach deren Verlässlichkeit. Aven formuliert in [6] drei idealtypische Ziele als Reliabilitätskriterien, Abweichungen von diesen Zielen umgreifen \mathbf{U} zirkulär:

- R1 Operative Reproduzierbarkeit: Abweichung als Variabilität im Ergebnis bei identischer Wiederholung der Risikoquantifizierung (operatives Risiko in Prozessen)
- R2 Operative Teamunabhängigkeit: Abweichung als Variabilität durch unterschiedlichen Teams, die das Risiko mit identischen Daten und Methoden quantifizieren (durch \mathcal{K} induziertes operationelles Risiko)
- R3 Objektive Problemlösung: Abweichung durch Variabilität durch unterschiedliche Teams, Daten und Methoden (epistemisches Risiko)

Beispiel 2 (Reliabilität in der Praxis): Auf den ersten Blick erscheint R1 als eine triviale Forderung. Gleichwohl kommt diesem Kriterium im Rahmen von Solvency II eine hohe Bedeutung zu. So brauchen große Versicherungsgruppen bei der Implementierung etwa ein Jahr, um eine Prozessreife zu erreichen, die R1 hinreichend sicherstellt. (Datenstrukturen hoher Granularität, viele Beteiligte).

Bereits bei der Einführung interner Modelle für Marktrisiken stieß der Basler Ausschuss (1994) durch Benchmarkstudien mittels Testportfolios auf die erhebliche praktische Bedeutung der Kriterien R2 und R3, da die Variabilität in den Umfrageergebnissen beträchtlich war. Damit erwies sich ein modelltheoretischer Ansatz, der für das Risiko einen wahren Wert unterstellt (wie dies z. B. in der Testtheorie geschieht), als Chimäre. Beder gibt in [8] Beispiele für die Variabilität. In Korn und Stahl [47] zeigen vergleichende Risikoschätzungen von Top-down mit Bottom-up Modellen die aktuelle Materialität von R3.

Im Lichte der Materialität von \mathbf{U} als Folge der Abweichungen in R1 bis R3 vom Ideal, kann die Aufgabe der Validierung gerade in dessen Bestimmung, d.h. in der Quantifizierung der Modellunsicherheit, aufgefasst werden, siehe Huschens und Stahl in [32]. ■

2 Leitsterne regulatorischer Horizonte – Wieviel Freiheit ist nötig?

Padoa-Schioppa, ein um die Jahrtausendwende in verschiedenen Ämtern sehr einflußreicher und höchst angesehener Ökonom, beschreibt in seinem Buch *Regulating Finance – Balancing Freedom and Risk*, siehe [58], wie zunächst die internationale Bankenaufsicht den regulatorischen Paradigmenwechsel einleitete und vollzog.

Seine Kategorisierungen, in Kapitel 4, *Self vs. Public Discipline*, sowie die in der Arbeit von Karacadag und Taylor, [40], markieren den hier eingenommenen Betrachtungsstartpunkt. Beide Quellen stellen in besonderer Weise Optionen, die zur Regulierung und Überwachung von Finanzinstituten zur Entscheidung standen, dar.

Die Reden Alan Greenspans, des damaligen Präsidenten der FED, vermitteln einen guten Eindruck über den Zeitgeist der De-Regulierung sowie des damit verbundenen Fortschrittsglaubens, siehe z.B. [26]. Der kreative Vollzug des Fortschritts durch die Institute führte zu einer Divergenz zwischen (tradiertem) regulatorischen und ökonomischen Kapital. Dies betraf sowohl den Zweck, die Form als auch die materieller Grundlage. Diese Diskrepanz führte zu Ineffizienzen unterschiedlichster Arten, die als Lähmung durch Regulierung empfunden wurden.

Andererseits vermittelten eine Reihe von Transparenzoffensiven von der Seiten der Finanzbranche der Aufsicht ein hinreichendes Maß an Vertrauen in Bezug auf mögliche Delegation hoheitlicher Befugnisse zur Umsetzung eines Aufsichtsansatzes der (zumindest partieller) Selbstregulierung. Die Publikation von RiskMetrics, [52] durch J. P. Morgan, etablierte nicht nur eine neue Form und ein neues Niveau des quantitativen Risikomanagements, sondern mit der gleichfalls öffentlich zugänglichen Datenbasis für dieses Modell, erfuhr das Thema eine bis dahin nicht gekannte Transparenz, da vermeintliche Informationsvorteile (R2 Kriterium!) öffentlich gemacht wurden. Flankierend erarbeiten die Repräsentanten der Group of 30 mit der Sammlung von Prinzipien des qualitativen Risikomanagements in [27] einen normprägenden Standard (Urvater der Mindestanforderungen an das Risikomanagement).

Im Zentrum von Padoa-Schioppas Schilderungen steht die dann in Angriff genommene aufsichtliche Adaption der Dynamik fortschrittsinduzierter mikro- und makroökonomischer Veränderungen. Im Mittelpunkt seiner Darstellung stehen folgende polare Paare von Gegenbegriffen, die unterschiedliche Regulierungs- und Aufsichtsansätze innerhalb des normativen Spektrums charakterisieren:

regelbasierte vs. prozessbasierte Regulierung Ehemals dienten meist Beziehungszahlen (Anteile von Volumengrößen) als materielle Grundlage regelbasierter Normen zur Bestimmung des regulatorischen Kapitals. Solche elementaren Ansätze, die auf Nominalgrößen rekurrieren, bilden Risiken oder komplizierte Sachverhalte oft unzureichend genau ab, da sie nicht über hinreichend viele Freiheitsgrade verfügen – sie sind unterkomplex und können Asby's Gesetz (siehe [14]) nicht genügen.

Beispiel 3 (Erste Prüfungserfahrungen): Der Basler Ausschuss griff die in [52] und [27] formulierten Industriestandards, die im Grundsatz Ia, [13] ihre Kodifizierung finden sollten, prinzipienbasiert auf.

Die anschließende Durchführung aufsichtlicher Eignungsprüfungen institutsspezifischer Modelle stellte nicht nur auf die Konsequenzen C in (3) ab, sondern nahm von Anfang an die Geschäftsprozesse mit in den Blickpunkt. Die Figur 1 des EFQM-Modells, siehe [22], das weit über Prozesse des Risikomanagements (wie sie [27] zugrundeliegen) hinausgeht, gibt hierfür eine erste Anmutung. ■

Selbstregulierung vs. legalistische Regulierung Dieses Gegensatzpaar thematisiert die Grundsatzfrage, wer befugt ist, Regulierungsstandards zu setzen. Bindende gesetzliche Vorgaben, deren Verbindlichkeit kraft Gesetzes nicht in Frage steht, oder eine eher informelle Standardsetzung, bei der nicht die Ordnung von Rechtsgütern (Gleichbehandlung) sondern z. B. Effizienz, die Präferenzen bestimmt. In summa: die Grundsatzfrage, ob Standards exogen per Gesetz oder endogen bestimmt werden, was eine Rangordnung von Stakeholdern impliziert.

prozessorientierte vs. prinzipienorientierte Regulierung Für diese Unterscheidung bietet sich ein Rückgriff auf (3) an. Eine prozessorientierte Regelung greift auf sämtliche Komponenten

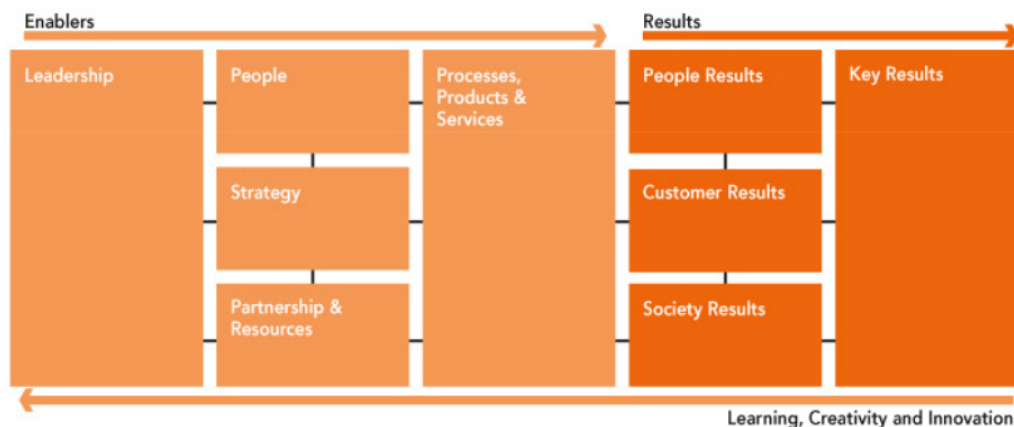


Fig. 1: Mit dem EFQM-Modell steht ein betriebswirtschaftliches Vorgehensmodell zur Verfügung, welches die Geschäftsprozesse gesamthaft abbildet. Es wirft ein Schlaglicht auf Risiken, Risikomanagementsysteme und darauf bezogene Prüfungen.

von (3) zu, d.h. der gesamte Ursache-Wirkungsmechanismus kommt zum Tragen, wohingegen eine prinzipienbasierte Regulierung lediglich Standards auf der Ebenen der Konsequenzen heranzieht. Der Pre-Commitment Ansatz von Kupiec und O'Brian, siehe [49] und [48] stellt ein gutes Beispiel für einen prinzipienbasierten Ansatz dar.

Die Prüfungserfahrungen offenbarten, dass Modellunsicherheiten nicht nur durch Daten und den Rechenkern (also \mathbb{P}_A bzw. \mathbb{P}_C in (3)), sondern auch durch die Reifegrade von Geschäftsprozessen bestimmt ist (R2 und R3), was einen zusätzlichen Regulierungsbedarf manifestierte.

Da sich sowohl Aufsicht als auch Unternehmen mit der Umsetzung der G 30 Maximen, formuliert in [27], schwer taten (Aufsicht sah ein Risiko im Verfehlen einer Gleichbehandlung, Unternehmen ein Risiko potentieller Übererfüllung), kam beiden Seiten die späteren Ausformulierungen der Prinzipien durch konkretisierende Anforderungen, welche die Prinzipienorientierung unterminierte und schließlich in aufsichtlichen Anforderungen an operationelle Risiken sowie der Governance kulminierte, gelegen. Dies legte den Grundstein für eine prozessorientierte Regulierung. Die aktive Wahrnehmung des Ausmaßes an unvermeidlicher Ambiguität, welches sich als U materialisiert, kennzeichnet emanzipierte Risikomanagementsysteme (Übergang von der Risikobasiertheit zur Risikoinformiertheit siehe Risikohandbuch der NASA, [18])

3 Ein Prüfungsuniversum dehnt sich aus - Krise der Legitimation?!

Die Praxis des Risikomanagements stellt den Anwender meist in einen interdisziplinären Kontext, siehe z.B. Eichberger et al [21] oder Spiegelhalter [68]. Mit der Folge, dass die Verwendung

fachgebietsspezifischer Methoden alleine für eine ganzheitliche Beschreibung nicht hinreicht. Die Systemtheorie bzw. Kybernetik stellt eine Strukturtheorie zeitlicher Veränderungen hierfür bereit.

Bekannt, für das Folgende relevante Anwendungen, finden sich: in der Juris Prudens, siehe Zippelius in [78], der Betriebswirtschaftslehre, siehe Gomez und Lambertz [74], der Soziologie, siehe Luhmann [54], in Revisionsprüfungen, siehe Pickett, [60], sowie der Analyse regulatorischer Systeme, siehe Hood et al [31].

Mella in [56] sowie Capra und Luisi in [14] geben gesamthafte Darstellungen und Anwendungsbeispiele.

Im Hinblick auf die Beschreibung des Phänomens der Resilienz kommt dem Viable System Modell (VSM) von Beer eine Schlüsselrolle zu, da es Unternehmen als Organismen und nicht als Maschinen begreift. Damit rücken Anpassung und Transformation als Überlebensstrategien in den Methodenhorizont quantitativer und mikroökonomischer Modelle. So findet das VSM bei Gomez und Lambertz [74] zentrale Verwendung, als diese Autoren damit den Methodenrahmen für die Beschreibung aktueller Agilitätsinitiativen unterschiedlicher Branchen bereitstellen. Diese Initiativen begegnen den Risiken, subsumiert unter dem Akronym VUCA, denen sich Unternehmen in einem disruptiven Umfeld ausgesetzt sehen. Dabei strukturiert das Narrativ VUCA Ursachen und Wirkungen der Disruption in die Erzählkomponenten: Volatilität, Uncertainty, Complexity, Ambiguity.

Getreu Hölderlins Motto aus der Patmos-Hymne, *Wo Gefahr, ist wächst das Rettende auch*, erwächst dabei eine Lösung evolutiv als Resilienz. Daher fasst VUCA als Vision, Understanding, Courage und Agility verstanden auch die Erzählung seiner Lösung. Im Kontrast zu einer expertenzentrierten, technischen Maschinenwelt, stellt die Führungskultur (Leadership) den Dreh- und Angelpunkt des gesamten Ansatzes dar.

Luhmann kreierte mit seiner Systemtheorie als Anwendung Wiener's Kybernetik einen strukturtheoretischen Ansatz zur Beschreibung und Analyse soziologischer Phänomene. Insbesondere sein Konzept des Beobachters n-ter Ordnung, erlaubt eine Differenzierung von Rollen handelnder Akteure, was eine präzise Fassung der Rolle von Entscheidungsträgern im Hinblick auf deren Führungsrolle bei der Etablierung von resilienten Strategien erlaubt.

Die Universalität des kybernetischen Ansatzes erlaubt, diesen auch zur methodischen Beschreibung eines regulatorischen Systems (im Sinne von Hood et al [31]) mittels Feedback- und Feedforwardkomponenten zu verwenden. Dies macht Kommunikationsstrukturen des Systems transparent und zeigt die Bedeutung der Informationsgewinnung mittels stochastischer Modelle auf. Dies gilt gleichermaßen für Standardverfahren wie interne Modelle unter Solvency II.

Es überrascht, dass VSM Ansätze auch in mathematischen Modellen der Kontrolltheorie aufgegriffen wurden. Hierzu kommt Aubin durch seine Entwicklung der Viabilitätstheorie ein großes Verdienst zu. Seine kontrolltheoretischen Ansätze erlauben nicht nur integrierte Modelle (im Sinne der System Dynamics) zu verwenden, sondern ermöglichen in konsistenter Art und Weise auch eine Erweiterung tradierter, Einperiodenmodelle (der Säule I des finanziellen Risikomanagements) auf Mehrperiodenmodelle.

Beer's VSM Modell Das Viable System Model von Beer, siehe Mella in [56] sowie Gomez und Lambertz [74] erlaubt simultan, Aspekte und Charakteristika der Resilienz, der Unternehmenssteuerung sowie der Regulierung (Solvency II) zu erfassen. Dies bringt den interdisziplinären Charakter des Risikomanagements zum Klingen. Figur 3 stellt Beer's Model als Regelkreis dar, mit dessen Hilfe die kybernetische Struktur, die Solvency II stillschweigend zu Grunde liegt, eine Beschreibung findet.

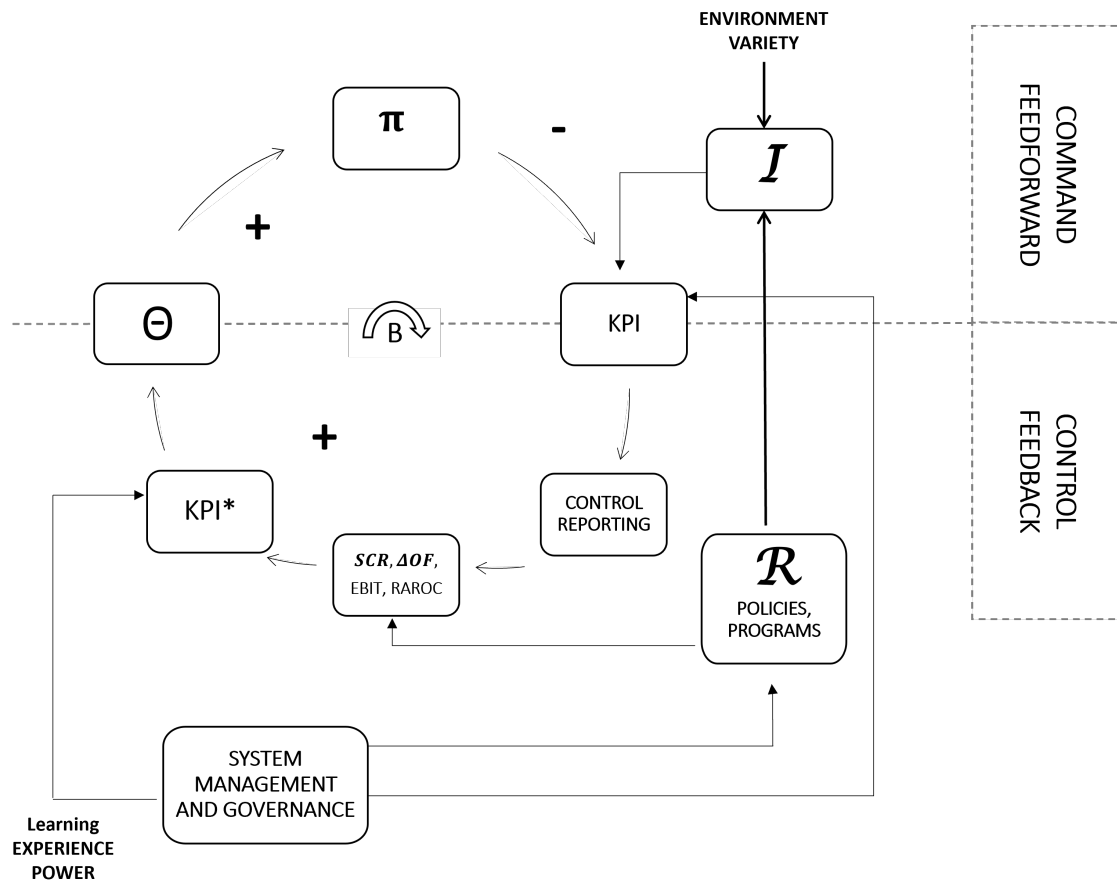


Fig. 2: Beer's Viable System Model (VSM) ergänzt das EFQM Vorgehensmodell, als dessen Regelkreis die Dynamik sowie Rückkopplungen in den Mittelpunkt stellt. Dieser kybernetische Modellansatz schafft einen Übergang zu den stochastischen Modellen (System Dynamics)

Die Risikoquantifizierung bildet das materielle Rückgrat von Solvency II. Solvency II bemisst das vorzuhaltende regulatorische Kapital, $\rho(\Pi_0)$, welches das Portfolio Π_0 , das das Risikoprofil des Unternehmens ausmacht, mit hoher Wahrscheinlichkeit $\alpha = 99,5\%$ ohne eine Nachsteuerung auskommen kann, d.h., dass Π_0 in $t = 1$ regulatorisch zulässig ist. Bei dieser regulatorischen Betrachtung bleiben zwischenzeitliche Aktivitäten (es handelt sich um ein Jahr!) außen vor. Insoweit kann dieser eher statische Ansatz als Puffer verstanden. Praktisch dominiert die obere Hälfte in Figur 3, also die Feedforwardkomponente das quantitative regulatorische Konzept.

Auf der Habenseite dieses robusten Feedforwardsystems steht eine bedingte freie Ausübung von Geschäftstätigkeiten, da korrigierende Eingriffe der Aufsicht bis $t = 1$ als unwahrscheinlich gelten. Das hohe aufsichtliche Sicherheitsniveau sichert einerseits Freiheitsgrade in Bezug auf die Handlungsfähigkeit, induziert jedoch durch die Höhe von α ein nicht unerhebliches Modellrisiko

(U in (3) bzw. R1 bis R3), das sowohl Unternehmensentscheidungen als auch aufsichtliche Prüfungshandlungen und Maßnahmen beeinflussen kann. Hier fordert der interdisziplinäre Ansatz die Abwägung von Freiheit gegen Unsicherheit.

In der Folgeperiode kann es dann im Lichte neuer Information \mathcal{I} , die sich aus dem Ecosystem ergibt (Kunden, Markt, ...), zu Anpassungen kommen. Somit kommt der Feedbackkomponente implizit eine nachgeordnete Rolle zu. Insgesamt charakterisiert die Feedforward Komponente einen statischen, passiven Ansatz.

Darüberhinaus beruht das System auf dem Prinzip der Homöostase (repräsentiert durch den balancierenden Regelkreis B in Figur 3), d.h. der Normalzustand des Systems kann durch Nachbesserungen des Planes erreicht werden, ohne diesen damit grundsätzlich in Frage zu stellen. Diese Stabilitätsannahme liegt auch der ISO-Norm des Risikomanagements, siehe Hutchins [33], zu Grunde. Durch Verwendung des Deming'schen Plan-Do-Check-Act Regelkreises, halten planbare Anpassungen das System im Gleichgewicht (Homöostase).

Als Mittel zur Erhaltung des Gleichgewichtes auf der Bildebene C in (3) kommt dem Axiom der Translationsinvarianz

$$\rho(\Pi + C) = \rho(\Pi) - C, \quad (4)$$

eine technische Schlüsselrolle zu, da es dem Kapital die Rolle der Regelgröße zuordnet. D. h., durch Hinzuführung von Cash bzw. Kapital zu Π wird $\Pi + C$ regulatorisch zulässig. Dies Axiom wirft ein Schlaglicht auf die Zusammenarbeit von CRO und CFO. Materiell ist letzterer mindestens als *primus inter pares* anzusehen.

Mit der Säule I von Solvency II implementierte die Aufsicht ein robustes (Puffer!), weniger ein resilientes quantitatives System. Letzteres müsste die Feedbackkomponente in Figur 3) mehr betonen. Die Säule I fokussiert auf starke Signale (im Sinne Ansoffs) und verschiebt Aspekte der Resilienz in Säule II. Die Erfüllung der ausgefeilten Anforderungen der Säule I verzerrt die Risikowahrnehmung und erschwert die aktive Einbindung von Entscheidungsträgern. Kurz dem Ideal von Vicky Fitt, ehemals bei der britischen Aufsicht: The focus should be on the risk, not on the rules, kann nur schwerlich Rechnung getragen werden.

Die Notwendigkeit, die simultan verwandten Modellansätze unterschiedlicher Disziplinen in einem Konstrukt zu integrieren, liegt auf der Hand. Es dient zur gesamthaften Betrachtung, die z. B. die Beurteilung der Verhältnismäßigkeit aufsichtlicher Maßnahmen und Eingriffe erlaubt, da es Zweck, Form und Materialität ausbalanciert. Zu diesem Zweck führte Stahl mit (5) den Begriff des Modells im weiten Sinn, siehe [37], [70], [42]. Diesr steht in Analogie zu (3), betont jedoch den Kontextbezug, wie er in Figur 3 dargestellt ist. Das Modell im weiten Sinn erlaubt sowohl Aspekte der Säule I als auch solche der Säule II zu formalisieren. Es ist durch

$$F(X_{t+h} | \circ) := F(X_{t+h} | \mathcal{F}_t, \mathcal{I}_{t+H}, \mathcal{O}, \mathbf{R}), \quad (5)$$

definiert, wobei X_{t+h} die interessierende Variable (Eigenmittel OF), die empirische Datenbasis als Filtration \mathcal{F}_t , die Information \mathcal{I}_{t+H} aus Beobachtung des Umfeldes mit Mehrjahreshorizont H , der Aufbau- und Ablauforganisation \mathcal{O} sowie interner und aufsichtlicher Regulierung \mathbf{R} . Last but not

least bezeichne F die Prognoseverteilung, aus welcher das $SCR = T(F) = \rho(\Pi)$ bestimmt werden kann.

Beispiel 4 (Solvency II und das Modell im weiten Sinn): Die BaFin verfolgte ein Konzept zu internen Modellen unter Solvency II, das es erlaubte, die Lehren aus der Bankenaufsicht zu ziehen, siehe Jaschke und Stahl, [37] 2005. Die Umsetzung der darin gemachten Vorschläge erfolgte in Solvency II und bildet heute das Rückgrat zur Regelung interner Modelle, siehe die Kommentierung der §§ 111 - 120 VAG, Stahl in [41]. Text- und strukturprägend waren neben den Prüfungs- und Praxiserfahrungen bei Banken (siehe Bongers und Stahl [12], Jaschke und Stahl [38], Stahl et al [71], Koberstein und Stahl [45], Locarek-Junge und Stahl [51] und Lotz und Stahl [53]) auch die strukturtheoretischen Erkenntnisse aus Luhmanns *Soziologie des Risikos*, [54], sowie aus *The Government of Risk* von Hood et al. [31].

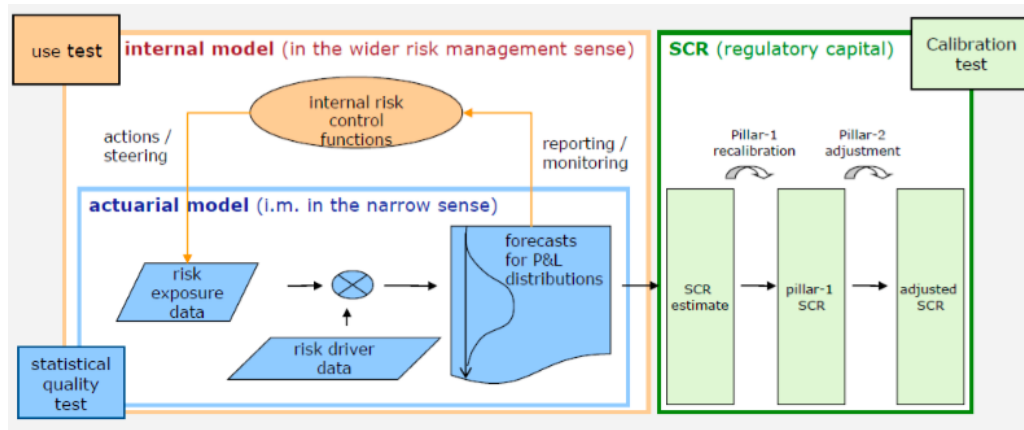


Fig. 3: Die Kybernetische Struktur, die dem Anschnitt über interne Modelle von Solvency II zu Grunde liegt, zeigt wie das Modell in weiten Sinn (5) zum Tragen kommt. Weiterhin nimmt die Struktur auch mehrere Stakeholder insoweit in den Blick, als Auswahl der Risikofaktoren (risk ranking) von der Kalibration getrennt werden. Diese prinzipielle Trennung zeigt, wie bedeutsam Frézal's Kritik in Beispiel 7 an der Standardformel ist.

Mit dem in Figur 3 skizzierten Modell, kommen wir der Antwort auf die Eingangsfrage, was die Säule I von Solvency II für die Resilienz leistet, näher, da sie als Strategie verstanden werden kann, Unsicherheit durch Festlegung von Standards, Regeln und Prozessen zu kontrollieren. Dieser Ansatz, der, wie in den Ausführungen zu Figur 3 dargelegt auf Deming Regelkreis rekurriert, ist einem disruptiven ökonomischen Umfeld, von notwendiger aber nicht hinreichender Kraft. So sieht von Ameln das Risiko disfunktionaler Nebeneffekte als Folge der Regeldichte solcher Systeme, in Form einer Illusion der Kontrolle bei gleichzeitiger Erhöhung der Unsicherheit, z.B. als Folge einer overconfidence im Sinne kognitiver Verzerrungen, siehe Kahneman in [39].

Kommunikation oder die Sinndimension von Zahlen und Modellen Aven's abstrakte Beschreibung der Unsicherheit in (3) misst der Kommunikation keine explizite Bedeutung zu, obwohl Phä-

nomene der Komplexität durch sachliche, zeitliche und kommunikative Elemente charakterisiert sind. Es überrascht nicht, dass Aspekte der Kommunikation im Werk *Soziologie des Risikos*, [54] des Soziologen Luhmann einen sehr breiten und bedeutenden Raum einnehmen.

Drei Aspekte werfen ein besonderes Schlaglicht auf Aspekte der Regulierung: sein Konzept des Beobachters, sein Verständnis des Prinzips der Autopoiesis sowie seine Grundkonzeption seines Risikobegriffs.

Risikobegriff Der vorige Unterabschnitt zeigte, wie bei einer Verschränkung juristischer und mathematischer Modellkomponenten Sicherheit (in der Gestalt des sehr hohen Signifikanzniveaus von 99,5%) als Freiheitsvoraussetzung fungiert. Luhmann weicht von der weit verbreiteten, antonymen Begriffskombination von Risiko vs. Sicherheit ab, indem er das Begriffspaar Risiko vs. Gefahr zum Ausgangspunkt wählt. Dies entspricht in heutiger Diktion dem Begriffspaar endogen vs. exogen, siehe Danielsson in [17], das insbesondere für das Verständnis systemischer Risiken grundlegend ist. Damit erweist sich Luhmanns Unterscheidung als sehr modern. Damit charakterisiert Luhmann ein Risikoverständnis, das für die Reflexion einer VUCA-Welt denknotwendig ist.

Beobachter Luhmann führte mit seinem Konzept des Beobachters ein wichtiges Theorieelement ein. Wie Bergknapp und Jiranek in [9] ausführen, differenzieren Beobachter prozessual mit spezifischen Unterscheidungen ihre innere und äußere Umwelt, die vom jeweiligen Code des Kontextes abhängt. Dieser Selbstbestätigungsprozess durch Beobachtungen führt zu stabilen Bedeutungen und Grundüberzeugungen, die durch abweichende Erfahrungen nicht mehr so leicht zu revidieren sind. Als strukturelles Element führte Luhmann eine Ordnungshierarchie von Beobachtern ein (Beobachter n-ter Ordnung).

Beispiel 5: [Beobachter n-ter Ordnung] Die Figur 3 nimmt auf das Außen und Innen explizit Bezug. So besteht die vornehme Aufgabe eines Vorstandes darin, Änderungen der Umwelt ins Unternehmen zu kommunizieren und umgekehrt, die Erwartungen unterschiedlicher externer Stakeholder zu managen. Damit beobachtet er sein Unternehmen als System und dessen Umwelt. Luhmann bezeichnete Vorstände als Beobachter zweiter Ordnung. Prozessbeteiligte innerhalb des Systems sind Beobachter 1. Ordnung.

Eine externe Kontrollinstanz könnte als Beobachter von Entscheidern fungieren, d. h. sie wären Beobachter 3. Ordnung. Ratingagenturen führen ihre Funktion in diesem Sinne prinzipienbasiert aus. Ihre intensive Kommunikation fokussiert kulturell (Governance, Leadership) wesentlich auf die Vorstandsebene und materiell auf die ökonomischen Konsequenzen (P_C) von Entscheidern und sowie deren Risikowahrnehmung, formalisiert durch U in (3).

Den aufsichtlichen Vor-Ort-Prüfungen kommt unter vielen Aspekten eine regulatorische Schlüsselrolle zu. Die Expertise aufsichtlicher Prüfer steht denen von Beratungsgesellschaften in nichts nach, so übertrifft sie auch meist die einer internen Revision, da sie über umfangreiche, sehr qualifizierte Personalressourcen verfügen, Hintergrundwissen über die Entstehung und Bedeutung der zu prüfenden Regelungen verfügen sowie über nationale und international Quervergleiche. Dies macht die Prüfer der Aufsichten zu Experten, mit dem Risiko, dass diese in der Rolle eines Beobachters erster Ordnung aufgehen.

Wie schon im Beispiel 3 angedeutet, bergen die Prüfungen durch Experten autopoietische Risiken in Bezug auf die Weiterentwicklung von Aufsichtsnormen, ein permanenter Zuwachs in

immer dichten, kleinteiligen Regelungen. Erinnerung sei nur an die Dokumentation von 32000 Seiten. ■

Die Funktion der Prüfer, wie in Beispiel 5 beschrieben, erföhre eine Überbewertung, zöge man diese als alleinige Erklärung für das Entstehen der Bürokratie, wie sie durch [36] in Angriff genommen wird, heran. In der Finanzbranche evoziert der Begriff der Prüfungsgesellschaft (Audit society), wie von Power in *The audit society: Rituals of verification*, [61], [62] und [63] dargestellt, eine Vorstellung von Bürokratie.

Autopoiesis Overwijk analysiert in [57] die durch Power in [61] beschriebene Prüfungsexplosion, die seit den 80-er Jahren anhält, mit Luhmann's Autopoiesistheorie. Als Fremdreferenz führen Prüfungen Performanzkriterien durch Messsysteme ein, die in einem positivistischen Sinn die Realität mit dem Messsystem identifizieren. So werden interne Ziele mit Prüfungsergebnissen verglichen. Damit erfährt das Prüfungssystem eine Selbstverstärkung. Damit geht zumindest eine partielle Machtverschiebung einher, da Experten zumindest teilweise teilweise durch Prüfer überstimmt werden können. Mit der Schlüsselrolle der Rückkopplung geht eine Technisierung des Systems einher, die dessen positivistische Interpretation, mit der Folge nahe legt, dass Validierungen, getreu Wittgensteins Motto: *Die Bedeutung eines Satzes besteht in der Methode seiner Verifikation*, eine hervorgehobene Rolle einnehmen.

Luhmanns Theorie der Beobachter ergibt überzeugende Erklärungsmuster für die mit Solvency II entstandene Bürokratie. Ein Gegenentwurf durch Ratingagenturen zeigt, wie effizientere und effektive Aufsichtsansätze möglich sein könnten. Aber auch Unternehmen haben hier eine Bringschuld. Die Dokumente von RiskMetrics sowie die der G30, zeugen von einer Qualität, die auf eine explizite Beteiligung von Beobachtern zweiter Ordnung schließen lässt. Dies reduziert Komplexität durch Übernahme von Verantwortung. Dies kann nur durch die Unternehmen geleistet werden. Auch scheint der aufsichtliche Wert der durch die Vor-Ort-Prüfungen gesammelten sehr umfangreichen Information nicht in einem guten Kosten-Nutzen Verhältnis für die Aufsicht zu stehen.

4 Solvency II Bilanz – das Numeraire aller Dinge!

Die materielle Fundierung von Solvency II auf der Solvency II Bilanz stellt ein Alleinstellungsmerkmal innerhalb der Regulierung der Finanzbranche dar. Neben der evidenten ökonomischen Bedeutung einer Bilanz als Bewertung, markiert sie auch das Innen und Aussen des Unternehmens als (autopietisches) System aufgefasst, und erlaubt, etwaige blinde Flecken unterschiedlicher Beobachter zu identifizieren. Als Feedbackvariable definiert sie die Performancevariable des Systems. Sie liefert ein idealtypisches Beispiel zu den Ausführungen von Overwijk des letzten Abschnitts, die eine eigentümliche Verschränkung stochastischer und systemtheoretischer Modelle erlaubt. Mit den aus dem Finance bekannten Begriffskomponenten des Akronyms VUCA (Volatilität, Uncertainty, Complexity, Ambiguity, siehe z. B. Kiesel und Stahl in [44]), das ein Komplexitätsphänomen der Postmoderne bezeichnet, kommt diese Verschränkung direkt zur Sprache.

Solvency II definiert Eigenmittel (own funds, OF) als Saldo aus Vermögenswerten (Assets, A) und Verbindlichkeiten (Liabilities, L) der Solvency II Bilanz,

$$\Pi \mapsto OF = A - L. \quad (6)$$

Diese absolute, regulierungsspezifische Bewertungsperspektive erlaubt es, besonderen Anliegen der Regulierung Rechnung zu tragen, ohne Kompromisse durch Rückgriffe auf bereits im System Vorhandenes eingehen zu müssen. Risiko, verstanden als Änderung der OF

$$\Delta OF = OF_1 - OF_0 \quad (7)$$

definiert DIE Grundlage des assoziierten finanziellen Risikosystems.

Beispiel 6: Die Graphik 4, eine Erweiterung aus Wilson in [75], stellt den Firmenwert des Unternehmens $v(X)$

$$v(X) = v(\Pi_0) + v(\Pi_{t>0}) \quad (8)$$

als Summe der Bilanz (Net Asset Value) sowie dem Barwert zukünftiger Cash-Flows des Neugeschäftes dar. Damit gehen eine Reihe von Unterscheidungen einher.

Eine Bilanzbewertung kann als Risikomaß

$$\Pi_0 \mapsto v(\Pi_0 | \mathcal{F}_0) = A_0 - L_0, \quad (9)$$

für das Portfolio Π_0 aufgefasst werden, wobei die Informationsmenge \mathcal{F}_0 in $t = 0$ vorhandene Interna beinhaltet, die der Öffentlichkeit nicht vollumfänglich zur Verfügung stehen. Insoweit läßt sich diese Komponente in Analogie zum CAPM Modell als idiosynkratisch auffassen.

Die zweite Komponente

$$PV(\Pi_{t>0}) = \sum_{t=1}^T r_t CF_t \quad (10)$$

vereint zukünftiges Verhalten von externen und internen Akteuren (Neugeschäft, Konkurrenten, Kunden, Märkten) und kann in der Analogie zum CAPM als Marktkomponente aufgefasst werden.

■

Ein Vergleich der Volatilität der OF_t mit der des Aktienkurses P_t unterstreicht die Analogie in Bezug auf die Interpretation der Summanden in (8) als idiosynkratisch (=Innen) bzw. als Marktkomponente (=Außen, Markt), da dem Aktienkurs und der Bilanz in Art und Umfang unterschiedliche Informationsmengen zu Grunde liegen.

Zunächst sticht der unterschiedliche Zeitbezug T in (10) vs $t = 1$ in (6) und der damit konkludente Wissensbezug bzw. dessen Risikoprofil ins Auge. In Bezug auf die Zuordnung von Risikokategorien fallen die zu (6) zuzuordnenden der Säule I zu, wohingegen (10) überwiegend strategischen und Geschäftsrisiken zugeordnet werden, die nicht mit regulatorischen Eigenmitteln zu unterlegen sind. Letztere Zuordnung erklärt sich aus der Notwendigkeit Chancen und Risiken symmetrisch zu bedenken, Regulatoren zeigen jedoch eine berechtigte Zurückhaltung bei einer expliziten Berücksichtigung imaginierter Vorwegnahmen der Zukunft.

Investoren fokussieren für ihre Anlageentscheidungen stark auf (10), was wiederum das Augenmerk der Geschäftsleitung nach sich zieht. Während Risiken aus (6) meist durch geeignetes Kapitalmanagement (via Translationsinvarianz)

$$\rho(\Pi - A) = \rho(\Pi) - a \quad (11)$$

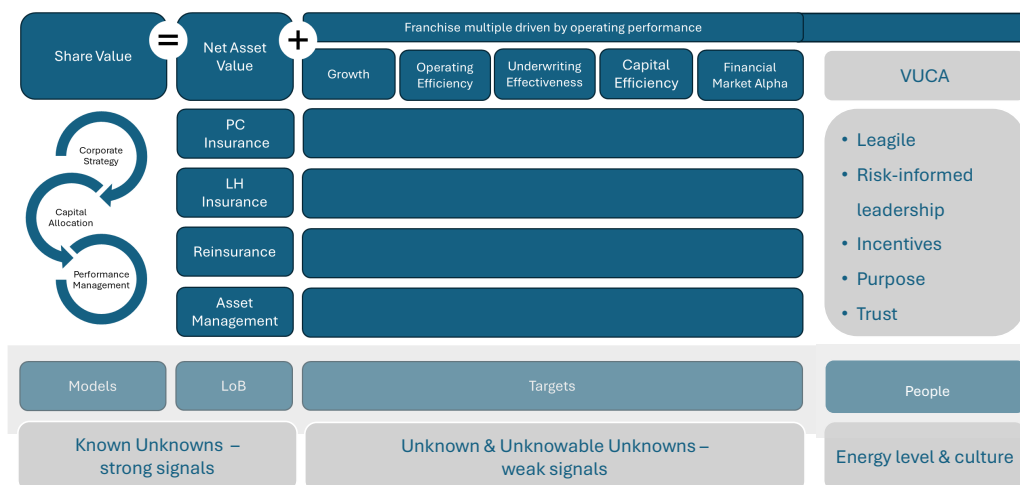


Fig. 4: Die obige Graphik kondensiert und kombiniert Phänomene der VUCA-Welt, Stufen des Wissens bzw. Nichtwissens (Risiko, Unsicherheit und tiefe Unsicherheit), die Dynamik der Steuerung, der Aufbauorganisation, Risiko- und Performancegrößen.

gemanagt werden, steht eine analoge Technik für Risiken aus (10) nicht zur Verfügung.

Ein Blick aus Luhmann's Beobachterperspektive auf die Komponenten (9) und (10) offenbart die Innen- resp. Außensicht und macht verständlich, warum ein Vorstand als Beobachter zweiter Ordnung seinen Fokus auf die mit (10) verbundenen Unsicherheiten legen muss, da seine Aufgabe darin besteht, diese zu managen. Dies impliziert jedoch, dass (9) mehr dem Augenmerk der Beobachter erster Ordnung obliegt, d.h., durch organisierte Prozesse erfolgt eine Aufbereitung bekannter Tatsachen. Meist sind hierzu alle Maßnahmen eingeleitet und Entscheidungen getroffen. Dies impliziert eine geringere vorstandsseitige Relevanz. Der bereits dargestellte Feedforwardcharakter der Risikoquantifizierung durch $\rho(\Pi)$ wirkt verstärkend, da Π_0 ohne weitere Entscheidungen innerhalb der Periode $[0,1]$ in $t = 1$ akzeptabel ist.

Die Bilanz gehört in den Bereich der Tatsachen (geringe Fehlertoleranz). Unsicherheiten und Ambiguitäten spielen eine untergeordnete Rolle. Die Berichtsformate (Risikoberichte, ORSA, SFCR, RSR) enthalten wenig zu Unsicherheiten im Sinne von (10), soweit sie sich auf die Risikoquantifizierung unter Säule I stützen. Insoweit unterstützten diese die Effektivität des Risikomanagementprozesses zu wenig.

Figur 5 greift den Ansatz von Ratingagenturen auf, welcher sowohl auf bestehende als auch zukünftige, sogar emergente Risiken, wie sie in Figur 4 dargestellt sind, rekurriert. D. h.: (8) kommt vollumfänglich zum Tragen, daher überrascht es nicht, dass die Kapitalanforderungen von Ratingagenturen, die regulatorisch Geforderten übertreffen.

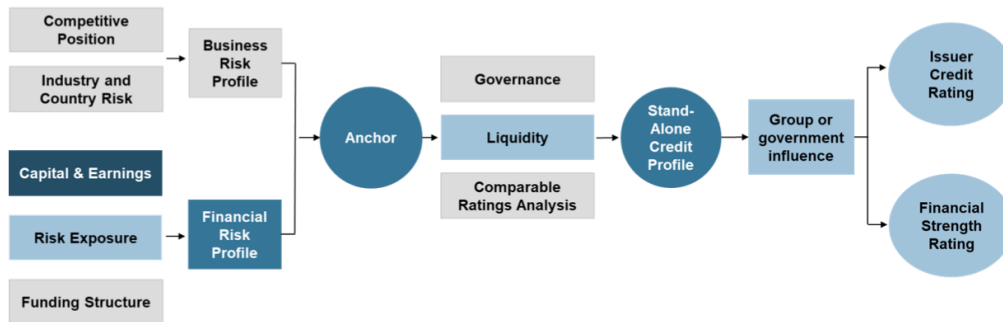


Fig. 5: Die Graphik zeigt, wie Ratingagenturen Unternehmen gesamthaft beurteilen. Insofern gehen sie über regulatorische Anforderungen hinaus. Daher überrascht es auch nicht, dass ihre Sichtweise zu höheren Kapitalanforderungen führt.

5 Verwissenschaftlichung und Modelldimension – Occham's Rasierrmesser

Die Verwissenschaftlichung charakterisiert unser Zeitalter wesentlich. In besonderem Maße holte diese Wirklichkeit die Bankenwelt durch das neue Geschäftsfeld des Investmentbankings ein. Sie veränderte nicht nur die Qualität der Risikoquantifizierung (stochastische Analysis), sondern veränderte auch die Erfolgskriterien von Entscheidern (risikoadjustierte Performancemaße, siehe [75] und [46]).

Die wegweisenden Arbeiten von Bühlmann, siehe *Market-consistent actuarial valuation*, [76], bilden im Großen und Ganzen den mathematischen Überbau von Solvency II. Grundsätzlich begünstigt mathematische Wissenschaftlichkeit positivistische Perspektiven und beeinflusst so die Ausgestaltung von Prüfungskonzepten sowie die der Ausgestaltung und der Anwendung von Rechtsnormen wesentlich. Die Absolutheit juristischer und mathematischer Modelle steht nicht im Einklang mit dem vorläufigen Charakter sozialwissenschaftlicher Ansätze, die mit Popper gesprochen nur als nicht falsifiziert gelten. Mit der Tatsache, dass die praktische Verlässlichkeit mathematischer Modelle und die Verhältnismäßigkeit gesetzlicher Anforderungen von der Stabilität des ökonomischen Systems abhängt, deren potentielle Veränderungen, als Störung aufgefasst (U!), das Management in besonderer Weise fordert. Als Beleg hierfür mag die (branchenübergreifende) Anpassung an die VUCA-Welt dienen.

Überraschenderweise trifft dies auch die Modelle selbst. Nach einem erfolgreichen 20-jährigen Einsatz, kamen interne Modelle, insbesondere bei der Bankenaufsicht in Misskredit. Hofmann führte in [30] aus, dass interne Modelle nicht geeignet sind, Risiken komplexer Systeme abzubilden. Solche Einsichten machte sich die BIZ zu eigen und schaffte in 2024 interne Modelle für Banken weitestgehend ab, siehe Gaumert in [24].

Die EU-Richtlinie kodifiziert die Forderung nach der Wissenschaftlichkeit von Solvency II z. B. in Artikel 229. Dies legitimiert die Frage, nach der Risikoorientierung der Standardformel, die Frézal in [23] untersuchte.

Beispiel 7 (Ist die Standardformel risikoorientiert?): Ein Diskurs zwischen Instituten und Aufsichtsorganen in Form von Einflussstudien begleitete die Einführung von Solvency II. Die resultieren-

den Rückkopplungen führten zu Parameteränderungen bei der Berechnung von Kapitalanforderungen. Frézal analysierte in [23] die Historie der Auswirkungen dieser Einflussstudien in Bezug auf die Erklärungskraft der Standardformel an Hand eines Signal / Rausch Quotienten und folgert aus dem negativen empirischen Befund, dass die Standardformel Grundanforderungen risikobasierter Systeme nicht erfüllt.

So ist für monetäre Risikomaße die Einhaltung der Eigenschaft der Monotonie von besonderer Bedeutung:

$$X \leq Y \Rightarrow \rho(X) \leq \rho(Y), \quad (12)$$

da bestehende Ordnungsstrukturen bei der Bestimmung von Kapitalanforderungen erhalten bleiben sollten, um eine mögliche Arbitrage zu vermeiden. Bekanntlich erhalten monotone Abbildungen Ordnungsstrukturen. Dies erklärt die fundamentale Bedeutung von (12). So erlauben Distortionen bei objektiven Risikomaßen Präferenzen (z. B. die des Regulators) strukturerhaltend abzubilden.

Wie Frézal darlegt, führten die Rückkopplungen zu einer Zerstörung der Ordnungsstruktur (Dominanzrelation) zwischen Risikofaktoren, woraus er den Schluss zog, dass Solvency II nicht risikobasiert ist.

Dies steht nicht im Einklang mit Sandström, [66], der ein verwissenschaftliches, ja mathematisches Bild von Solvency II zeichnet. Der durch Solvency II gewählte pragmatische Ansatz ist auch für die Beurteilung der Adäquanz der Standardformel im Rahmen des ORSA bedeutsam. Scherer und Stahl, die in [67] weitere formale Schwächen der Standardformel aufzeigen, schlagen daher vor, $\rho(X)$ ökonomisch als regulatorisch eingeforderte Kapitalkosten und weniger als mathematisches Konstrukt im Sinne eines Risikomaßes zu interpretieren, d.h. sie plädieren dafür, der Ökonomie das Beurteilungsprimat einzuräumen (Verwendungstest!). ■

Frézal’s Analyse zeitigt eine Modellkritik von sehr grundsätzlicher Natur, die über die Betrachtung von Modellunsicherheiten, siehe Beispiel 2 (die in der Regulierung Berücksichtigung finden [Validierung, Vorsichtsfaktoren, siehe [69]]), weit hinaus geht, da eine inkorrekte Anordnung von Risiken fundamentale epistemische Risiken indiziert (Adäquanz?, siehe auch Trennung von Risk Ranking und Kalibration in Figur 3).

Im Lichte einer wissenschaftlichen Modellierung kommt Occham’s Prinzip der sparsamen Parametrisierung des Modells eine fundamentale praktische Rolle zu (siehe z. B. Zellner et al in [77]). Insbesondere verbessern sparsame Modelle sowohl die Validierung (einfache Modelle ermögliche eine leichtere Falsifikation) als auch den Verwendungstest (bessere Erklärungskraft und Prognosegüte).

Beispiel 8 (Bottom-up Modellierung und ihre Folgen): Die Anwendung von Preismodellen von Finanzinstrumenten charakterisiert die Bottom-up Modellierung von Risikomodellen.

Durch

$$\pi(X) = \mathbb{E}(X | \mathcal{F}_t) \quad (13)$$

sei der Preis des Instrumentes X , bestimmt. Dabei wird angenommen, dass die Filtration \mathcal{F}_t von Zeitreihen eines Zufallsvektors $\mathbf{R} = (R_1, \dots, R_n)$ erzeugt werden kann. Dies erlaubt die Darstellung von (13) mittels Preisfunktion

$$\pi(X) = f(\mathbf{R}) = f(R_1, \dots, R_n), \quad (14)$$

dabei hängen sowohl f als auch \mathbf{R} von dem betrachteten Instrument X ab. Dieser Ansatz finde nun seine Anwendung auf das gesamte Portfolio, \mathbf{X} , das aus m Instrumenten besteht. Die Anwendung

von (13) auf jedes $X_i \in \mathbf{X}$ ergibt

$$\pi(\mathbf{X}) = \sum_{i=1}^m \pi(X_i) = \sum_{i=1}^m f_i(R_{1,i}, \dots, R_{n_i}). \quad (15)$$

Diese in der Praxis weit verbreitete Vorgehensweise führt nun dazu, dass das Risikomodell eine hohe Anzahl von Risikofaktoren aufweist. In realistischen Fällen führt dies dazu, dass

$$d = \sum_{i=1}^m n_i, \quad (16)$$

mehr als $d > 1000$ Variablen Verwendung finden. Ganz zu schweigen von der Anzahl involvierter Parameter. ■

Unter Solvency II erfüllen weder die Standardformel noch interne Modelle Occham's Prinzip der sparsamen Parametrisierung. Die obwaltende regulatorische Modellierungspragmatik (oder Heuristik?!) harmonisiert die Präferenzen unterschiedlicher Stakeholder mit den Standards wissenschaftlicher Argumentation. Kurz: Ziele dominieren Form.

Die preismodellbezogenen Bottom-up Modellierungen führen auch auf der Entscheiderebene zu Herausforderungen, da die hohe Modelldimension die Formulierung expliziter Maßnahmen – welcher Parameter soll gesteuert werden? – erschwert.

Die Anwendung von (13) legt die Verwendung von $\pi(X)$ als Nutzenfunktion nahe. Dies reduzierte viele Managementaufgaben bezüglich Π auf eine Optimierungsaufgabe, mit der Folge einer potentiellen Expertendominanz, als Konsequenz der technischen Preisfindung. Kurz: Vermeintliches Wissen dominiert Präferenz.

Mit einer Vermessung der Modellgenauigkeit durch den Mittleren quadratischen Fehler (MSE)

$$MSE(\hat{\theta}) = \text{varianz}(\hat{\theta}) + \text{bias}^2(\hat{\theta}, \theta), \quad (17)$$

besitzt eine bottom-up Modellierung den Vorteil des geringen Bias, wohingegen eine große Varianz zu erwarten ist. Erfahrungen mit operationellen Risiken bei der Anwendung interner Modelle (Barings, Soiciete General,..) motivieren die Vorteile, die mit einem geringen Bias verbunden sein könnten. Im Lichte möglicher hoher Varianz, stellen die Korn und Stahl in [47] gezeigten Risikoüberschätzungen (von 100%) sowohl bei internen Modellen als auch bei der Standardformel keine Überraschung dar. Die deutliche Überschätzung führt in Kombination mit der hohen Anzahl von Variablen auf der Ebene der Konsequenzen IP_C in (3) zu einer Nicht-Falsifizierbarkeit der eingesetzten Modelle. Weiterhin erschwert die hohe Dimension eine realistische Einschätzung der Diversifikation, da diese mit der Anzahl der Dimensionen wächst.

Als Folge von Occham’s Dilemma teilt U in (3) insoweit das Schicksal mit der Diversifikation, als beide von der Dimension des zu Grunde liegenden Modells abhängen.

Insgesamt spricht die Kompliziertheit, die mit einer hohen Modelldimension einhergeht, im Hinblick auf praktische Anwendungen (Entscheidungsfindung, Rechenzeit) für die Einführung eines sparsameren Modells.

Das folgende Diagramm basiert die Spezifikation eines sparsamen Modells, m , auf einem Mapping, M , das den Raum \mathbb{R}^n , der Risikofaktoren des regulatorischen Modells \mathfrak{M} reduziert.

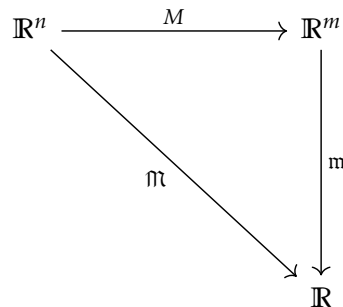


Fig. 6: Das obige Diagramm zeigt, wie ein Modell m , als Basis der Handlungsentscheidungen, und ein regulatorisches Modell \mathfrak{M} zusammenhängen. Das Diagramm kommutiert nicht notwendig, d.h. $\mathfrak{M} = M \circ m$ kann nicht vorausgesetzt werden.

Die Notwendigkeit des Modelles m setzt ein Fragezeichen hinter die Bedeutung des Use Tests, die Anwendung des Modells im weiten Sinn (5) und damit auf die Verhältnismäßigkeit aufsichtlicher Entscheidungen sowie der Zweckmäßigkeit von \mathfrak{M} . Um die Zweckmäßigkeit von m sicherzustellen, bedarf es Beobachter 2. Ordnung.

Das folgende Beispiel skizziert mögliche Mappingansätze.

Beispiel 9 (Mappings): **Vereinfachung aus Holdingsicht** Insbesondere kann auf Ebene einer Versicherungsholding die Betrachtung von Töchtern als Risikofaktoren R_i nicht nur eine erhebliche Reduktion der Modelldimension ergeben, sondern, wie in Korn und Stahl in [47] dargelegt, kann auch das stochastische Modell für m in einem solchen Fall durch eine multivariate Normalverteilung approximiert werden.

Vereinfachung aus Risikosicht Härdle et al betrachten in [29] ein Modell der multivariaten Normalverteilung:

$$N(\mu, \Sigma) \tag{18}$$

In der dort betrachteten Anwendung führt die Reduktion der Parameter der Korrelationsmatrix, die lediglich eine Durchschnittskorrelation, $\bar{\rho}$, anstatt aller Korrelationen ρ_{ij} verwendet, sogar zu einer Verbesserung der Akaike Information.

Vereinfachung aus Steuerungssicht Eine konsequente Anwendung des Earnings-at-Risk Ansatzes (siehe Korn und Stahl, [47]) auf die OF (oder einen Vektor aus Komponenten der Bilanz) böte im Hinblick auf Occham's Diktum einen vielversprechenden Ansatz. ■

6 Resilienz: Die gestundete Zeit

Das Konzept der Resilienz verändert das Risikomanagement in drei Dimensionen: der Sachlichen, durch geeignetere Formen der Risikomessung; in der Zeitlichen, durch die Modellierung der Evolution durch Rückkopplungen – dies geht zu Lasten des Zieles einer umfänglichen Kontrolle; der Kommunikativen, als es die Anforderungen an die Führungsqualitäten und -aufgaben verändert, da Wissen um Umweltzustände den Grad der Unsicherheit widerspiegelt und so die Sinndimension in den Mittelpunkt rückt.

Die Betrachtung von Limitsystemen dient der Vorbereitung für Aubins (siehe [3], [4], [5], [2]) kontrolltheoretische Ansätze, die einen formalen Überbau der Resilienz darstellen.

Beispiel 10 (Limitsysteme): In der Praxis bezeichnet man partielle Ableitungen preisbestimmender Risikofaktoren für Portfolios derivativer Finanzinstrumente als Griechen, siehe z. B. Kiesel und Bingham in *Risk-neutral Valuation*, [11]. Für ein Instrument C misst das Δ die Preissensitivität, d.h. $\Delta = \frac{\partial C}{\partial S}$, vega, $v^* = \frac{\partial C}{\partial \sigma}$ misst bei Optionen die Preissensitivität in Abhängigkeit der Volatilität des Underlyings, $\Theta = \frac{\partial C}{\partial t}$ misst die Abhängigkeit vom Ausübungszeitpunkt und ρ die Zinsabhängigkeit als Ableitung nach dem Zinssatz r . Last but not least bezeichnet Gamma, Γ , die Konvexität des Instruments, d.h. $\Gamma = \frac{\partial^2 C}{\partial S^2}$. Ein Taylorpolynom 2. Ordnung, T , approximiert die Wertänderung, $\Delta v(C)$, eines Instrumentes C :

$$\Delta v(C) = \Delta T(s, r, \sigma, t) \approx \frac{\partial C}{\partial S} \Delta S + \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \Delta S^2 + \frac{\partial C}{\partial t} \Delta t + \frac{\partial C}{\partial \sigma} \Delta \sigma + \frac{\partial C}{\partial r} \Delta r \quad (19)$$

Diese Form der Approximation gilt insbesondere für Call Optionen, andere Instrumente machen eine Modifikation erforderlich. Deshalb verwendet die Delta-Gamma Approximation zur Bestimmung von Risikomaßen, siehe Embrechts et al. [55], wie des Value-at-Risk, meist nur die ersten zwei bzw. drei Sensitivitäten in (19). Für normalverteilte Underlyings kann diese durch

$$VaR(C) = \rho(T(F)), \quad (20)$$

mit $F = N(\mu, \Sigma)$, analytisch berechnet werden.

Die Praxis der Limitsysteme bedient sich sowohl bei (19) als auch bei (20), wobei damit unterschiedliche Zwecke verfolgt werden. So steht bei (19) die Bestimmung einer möglichen Schadenhöhe im Vordergrund, wobei (20) auf eine Kapitalallokation nebst Diversifikation fokussiert. Die dafür notwendige Zunahme der Korrelationsmatrix kompliziert sowohl Entscheidungsfindungen als auch die Aggregation. Die Ansätze unterscheiden auch im Hinblick auf die Verwendung der Zeit fundamental. In (19) besitzt diese den Status einer Variablen. Da (20) ein Einperiodenmodell zu Grunde liegt, kommt ihr dort nur die Rolle eines Parameters zu.

Wie Bingham und Kiesel in [11] ausführen, besteht ein enger Zusammenhang zwischen (19) und der Feynman-Kac Gleichung, die einen Optionspreis als Lösung einer deterministischen partiellen Differentialgleichung mit Nebenbedingungen im Ausübungszeitpunkt T bestimmt. ■

Das folgende Beispiel greift auf Doyen, [19] zurück. Es zeigt, wie Art und Umfang epistemischer Unsicherheit die Konstruktion von Szenarien beeinflusst.

Beispiel 11 (Vorwissen und Szenarien, sachliche Dimension): Die Annahme

$$\mathbb{E}(X_s | X_t, \dots, X_{t-h}) = X_t \text{ für } s > t, \quad (21)$$

d.h. die Fortschreibung des Status quo kann in einer stabilen Umwelt nicht nur ein pragmatisches, sondern auch erfolgreiches Vorgehen zur Formulierung eines business as usual (BAU) Szenarios darstellen:

$$a(t) = a(t_0) \quad (22)$$

für $t = t_0, \dots, T$.

Lässt eine Zeitreihe $a(0), \dots, a(-h)$ die Spezifikation eines stochastischen Modells, g^{hist} , zu, erlaubt dieses, Trajektorien $a(t)$ zu simulieren:

$$a(t+1) = (1 + g^{hist})a(t). \quad (23)$$

Die so simulierten Szenarien sind ebenfalls als BAU Szenarien interpretierbar, da sie (22) zunächst materiell, über den Umfang (bis $-h$), und dann formal, durch ein Modell (g^{hist}), als Verallgemeinerung von (22) aufgefasst werden können (ohne Modell wäre dies eine historische Simulation).

Bei einer disruptiven Umwelt können Experten epistemische Unsicherheiten durch explorative Ansätze ggfs. besser einschätzen als es modellbasierte Replikationen der Historie vermögen. Am Beispiel des Projektes der NASA zur Mondlandung führt Cook in *Experts in uncertainty: opinion and subjective probability in science*, [16], aus, wie aufwändig die Erstellung brauchbarer Expertenschätzungen sein kann.

”What-If” Szenarien kommen in der Praxis zur Formulierung von Szenarien bei hohen epistemischen Unsicherheiten zum Einsatz:

$$a(1), \dots, a(T), \quad (24)$$

wobei $a(t_i) \neq a(t_0)$ gilt. Zu guter Letzt können explorative Szenarien auch durch Modelle, z. B. ein Markovmodell G durch

$$a(t+1) = G(a(t)), \quad (25)$$

erzeugt werden, wobei $G(a(t)) \neq (1 + g^{hist})a(t)$ zu erwarten ist. ■

Beispiel 11 zeigt heuristisch, die durch epistemische Risiken gezogenen Grenzen von Modellen, die sowohl der Standardformel als auch internen Modelle zu Grunde liegen insoweit auf, als diese eher als BAU, denn als explorative Szenarien verstanden werden sollten. Die Kraft dieser Modelle liegt vor allem in der Beschreibung statischer Strukturelemente der Realität, wie die der Diversifikation und nicht in der Beschreibung dynamischer Aspekte. Dies erklärt auch die Kritik von Hofmann in [30] sowie die Bedeutungszunahme makroprudentieller Aufsichtskonzepte.

Wie Ungar in [73] ausführt, fordert die Strategie der Resilienz die Etablierung eines adaptiven Prozesses ein, der die Homöostasis mittels Erholung (recovery), Anpassung an geänderte Umstände,

oder Transformation herzustellen erlaubt. Im Gegensatz zur Robustheit kommen hier *a-typische Störungen* (und damit a-historische) des Systems (Stresse) zum Tragen (z.B. Talebs *Schwarze Schwäne*). Im Unterscheid zu bisher betrachteten Risiken, können solche Risiken nicht auf der Bildebene der Konsequenzen mitigiert werden, sondern sie machen z. B. die Änderung von Geschäftsprozessen auf der Realebene notwendig. Ganz zu schweigen von der zeitlichen Dimension. Benötigt man für finanzielle Transaktionen selten länger als Monate (z.B. Verkauf einer Tochter) können die Änderung des Geschäftsmodells Dekaden in Anspruch nehmen (RWE, sowie Transformation von Klimarisiken).

Beispiel 12 (Übergangsmaßnahmen, die Zeitdimension): Die Einführung von Solvency II führte zu erhöhten Kapitalanforderungen für Versicherungen (Stärkung der Systemresilienz nach der Finanzkrise), gleichzeitig kam es durch die Niedrigzinsphase zu einem Wertzuwachs von Zinsgarantien in Lebensversicherungspolice für den Versicherungsnehmer, so dass eine Reihe von Lebensversicherungen die neuen regulatorischen Kapitalanforderungen nicht vollumfänglich erfüllen konnten. Die aufsichtliche Lösung dieses Dilemmas bestand in der Gewährung sogenannter Übergangsmaßnahmen, dies sind bilanztechnische Erleichterungen, die Versicherungen unter bestimmten Bedingungen gewährt wurden, um vorübergehend technisch eine hinreichende Solvenz auszuweisen. Zur Gewährung dieses Privilegs mussten Unternehmen eine Strategie zur Adaption ihrer Geschäftsstrategie nachweisen, die es nach 16 Jahren ermöglicht, die Solvenzanforderungen vollumfänglich zu erfüllen. Die kontinuierliche Kontrolle der Fähigkeit dieses Adaptionsprozesses oblag der Aufsicht (BaFin). Dies Beispiel zeigt prototypisch das Vorgehen bei resilienten Strategien auf. Alleine die Zeitdimension dieses Unterfangens offenbart erhebliche Unsicherheiten. Siehe auch aktuelle Entwicklungen zur Transformation von Klimarisiken.

Bezeichnet \mathcal{A}_u die Akzeptanzmenge bez. regulatorischen Nutzenfunktion u , so kann die (regulatorische) Geschäftsgrundlage des obigen Beispiels (Solvenz in 16 Jahren) durch

$$X_{16} \in \mathcal{A}_u = \{Y_{16} \mid \mathbb{E}(u(Y_{16})) > c\}, \quad (26)$$

formal dargestellt werden.

Das Beispiel der Übergangsmaßnahmen verdeutlicht die immanente Notwendigkeit der Verwendung von Mehrperiodenmodellen. Hierfür bieten Aubins Modelle, die auf einem Viabilitätsansatz ([3], [4], [5], [2]) beruhen an, da sich dieser Ansatz mühelos mit kybernetischen Modellen (z. B. Beer's Viable System Model) verbinden lässt, siehe Laengle und Laengle-Aliaga in [50]. Vor dem Hintergrund der Rechenaufwändigkeit interner Modelle insbesondere für Lebensversicherungen (siehe Bergmann et al. in [10]) kommt die Praxis ohne weitere Modellvereinfachungen nicht aus. Ivanov stellt in diesem Sinn in [35] Anwendungen der Kontrolltheorie in einem diskreten Kontext am Beispiel von Lieferketten vor.

Im Vergleich zu den Einperiodenmodellen der Säule I, kommt Mehrperiodenmodellen, deren Anwendungen unter Solvency II der Säule II zuzuordnen sind, sehr in Frage. Als prominentestes Beispiel dient die Mindestkapitalanforderung (weitere Ausführungen zum MCR in: Kiesel et al, [43]). Darüber hinaus stellen Finanz- und Sanierungspläne einen expliziten Bezug zur Resilienz her.

Beispiel 13 (Aubin's Viabilitätstheorie): Der Grundidee von Aubin's Theorie, dargestellt in einem deterministischen Modell, besteht in einer simultanen Betrachtung der Dynamik von Investmentportfolios, $\Pi_t = \Sigma A_t^i$ und dessen Preisen $v(A_t^i)$, wobei alle $t \in [0, T]$ der Graph der Variablen in

einem vorab definierten Bereich \mathcal{K}_t verläuft.

$$(\Pi_t, \nu(\Pi_t)) \in \mathcal{K}_t \quad (27)$$

liegen. Die simultane Betrachtung von Preisen und Investmententscheidungen erlaubt, die Adaption des Akteurs an die geänderten Umweltbedingungen unter Einhaltung von (27) abzubilden. Die Dynamik der Wertentwicklung w_t aus Summe des Transaktionswertes, $\nu(\Pi_t) \times \frac{d\Pi_t}{dt}$ und des Einflusses der Preisänderung, $\Pi_t \times \frac{d\nu(\Pi_t)}{dt}$, kann durch eine Differentialgleichung

$$w'(t) = \nu(\Pi_t) \times \frac{d\Pi_t}{dt} + \Pi_t \times \frac{d\nu(\Pi_t)}{dt} \quad (28)$$

beschrieben werden. Gibt man nun Eigenschaften des Systems in T vor (Randwertaufgabe), kann (28) analog zu Feynman-Kac gelöst werden. Wie Aubin et al [2] ausführen, kommt stochastischen Modellen die Eigenschaft (27) nicht immer zu. Jedoch gelangen Aubin et al in [5] Verallgemeinerungen. Siehe auch Doyen und De Lara, [20] sowie Kiesel et al. in [43]. ■

Tradierte, Value-at-Risk basierte, Risikomanagementsysteme, wie die in Säule I unter Solvency II, fokussieren die Bedeutung des Kapitals via (11). Resiliente Systeme betonen in einem Mehrperiodenmodell beides: Kapital und Zeit.

Das folgende Beispiel kehrt zu einem der Ausgangspunkte der Betrachtung zurück, nämlich der Janusköpfigkeit des technischen Fortschritts, die immer Gewinner und Verlierer kennt.

Beispiel 14 (Resilienz und Beobachter zweiter Ordnung): In Beispiel 12 stand die Dynamik bereits realisierter Risiken im Mittelpunkt, hierbei kam insoweit eine geringere strategische Ambiguität zum Tragen. Um die eigentliche Bedeutung der Rolle, welche Beobachter zweiter Ordnung im Hinblick auf die Wahrnehmung bzw. Bewältigung von Chancen und Risiken, bei der Anwendung resilienter Strategien wahrnehmen, in den Mittelpunkt zu rücken, betrachten wir Phänomene, wie die des technischen Fortschritts (z. B.: Digitalisierung, KI), die eine hohe Ambiguität auszeichnen.

Diese Perspektive kann als bereits tradiert angesehen werden, als Ansoff, siehe [1], bereits vor einem halben Jahrhundert, die Frage aufwarf, warum es insbesondere Champions einer Branche nicht immer gelang, die Folgen des technischen Fortschritts für ihr Geschäftsmodell angemessen strategisch zu antizipieren (Beispiele: Nokia, Kodak, Blockbuster, Automobilindustrie(?)...) und deren Auswirkungen auf (10) richtig ein- und abzuschätzen. Im Unterschied zu dem Beispiel der Lebensversicherungen kommen hier vor allem emergente Ereignisse ins Spiel. Luhmanns grundlegende Unterscheidung von Innen und Außen bzw. endogenen und exogenen Aspekten macht gerade hier den Unterschied, der die Experten vom Entrepreneur trennt. Dabei kommt der Dechiffrierung schwacher Signale durch Beobachter zweiter Ordnung eine Schlüsselrolle zu, da sich in diesem Vermögen, deren strukturelle Unterschiede, durch die jeweiligen blinden Flecken, manifestieren. Dies macht die immanente Führungsrolle der Beobachter zweiter Ordnung bei der Umsetzung resilienter Strategien greifbar, siehe Gomez und Lambert in [25]. ■

Das folgende Beispiel formalisiert die Darstellung der vorhandenen Vorwissens \mathcal{K} in (3), um die kommunikative Komponente der Resilienz durch Vorwissen abzubilden.

Beispiel 15 (Ambiguität): Der Verlässlichkeitskriterien (R1-R3) spiegelt wider, wie ein Team sein Hintergrundwissen \mathcal{K} in (3) bei der Modellierung einbringt. So kann selbst die direktionale Beurteilung der Konsequenzen bei moderater Datengrundlage oder bei einer neuartigen Problemstellung erheblich sein. Die folgenden Mischungsmodelle stellen Analogien zu R1 – R3 auf der Ebene der Konsequenzen C in (3) her.

- L1 $f(c) = \int f(x, \theta) d\delta(\theta_0) = f(c, \theta_0)$ – known unknowns: gesichertes Wissen: eine Verteilung
- L2 $f(c) = \int f(x, \theta) dG(\theta)$ – unknown unknowns: Unsicherheit, abgebildet über eine a-priori Verteilung $g(\theta)$ des Parameters θ
- L3 $f(c) = \int \int f(x, \theta, \zeta) dG(\theta, \zeta) dH(\zeta)$ – the unknowable: Unsicherheit und Ambiguität über $g(\theta)$, abgebildet über eine Mischung von Modellklassen ■

Die Darstellung aus Ivanov, [34], verdeutliche wie G in Figur 7 in einem diskreten dynamischen Modell mittels Experten umgesetzt werden kann (siehe auch Rebonato und Denev in [65]). Die Arbeiten von Hansen und Sargent [28] sowie Cerreia-Vioglio et al [15] zeigen modelltheoretische Aspekte zur Ambiguität auf.

Die erheblichen Agilitätsmaßnahmen, die branchenübergreifend von Unternehmen während der letzten Dekade Angriff genommen wurden, reflektieren die Zeitdimension der Anforderungen einer VUCA-Welt. Diese machen auch vor den zu Grunde liegenden Modellen keinen Halt. Dies betont die Rolle und Bedeutung reduzierter Modelle (m in Figur 5). Im Lichte der Dynamik von Anpassungsnotwendigkeiten erscheint die Verwendung von Top-Down Modellen, denen, die einer Bottom-up Struktur folgen, überlegen zu sein. Figur 8 thematisiert dieses Spannungsfeld, das sich regulatorisch in der Diskussion um das Primat einer mikro- bzw. makroprudentiellen Aufsicht widerspiegelt.

Die Abbildung der Chancen und Risiken in einer VUCA-Welt macht die explizite Einbindung von Entscheidern bei der Formulierung von Szenarien notwendig (Leadership). Ihre Einsichten als Beobachter zweiter Ordnung können nicht delegativ substituiert werden. So stellt die Überwindung der Grenzen von BAU Szenarien (Sachdimension), die agile Umsetzung strategischer Maßnahmen (Zeitdimension) sowie die Schaffung einer Lernkultur (Dimension der Kommunikation), die den Schlüssel für eine Adaption darstellt, keine Anforderungen an das Vermögen technischer Experten, sondern an die das Entrepreneurs. Die Restriktion von Solvency II auf die Solvenzbilanz als Steuerungsvariable zeigt die blinden Flecken der Beobachter erster Ordnung auf, die in fragilen Zeiten besonders spürbar sind.

Die Überwindung bürokratischer Nebenfolgen macht eine Renaissance der Wahrnehmung von Verantwortung, wie sie mit der Group of 30, oder im Zusammenhang mit der Veröffentlichung von Riskmetriks übernommen wurden, erneut notwendig. Beide Ansätze läuteten jeweils einen Paradigmenwechsel im quantitativen und im qualitativen Risikomanagement ein.

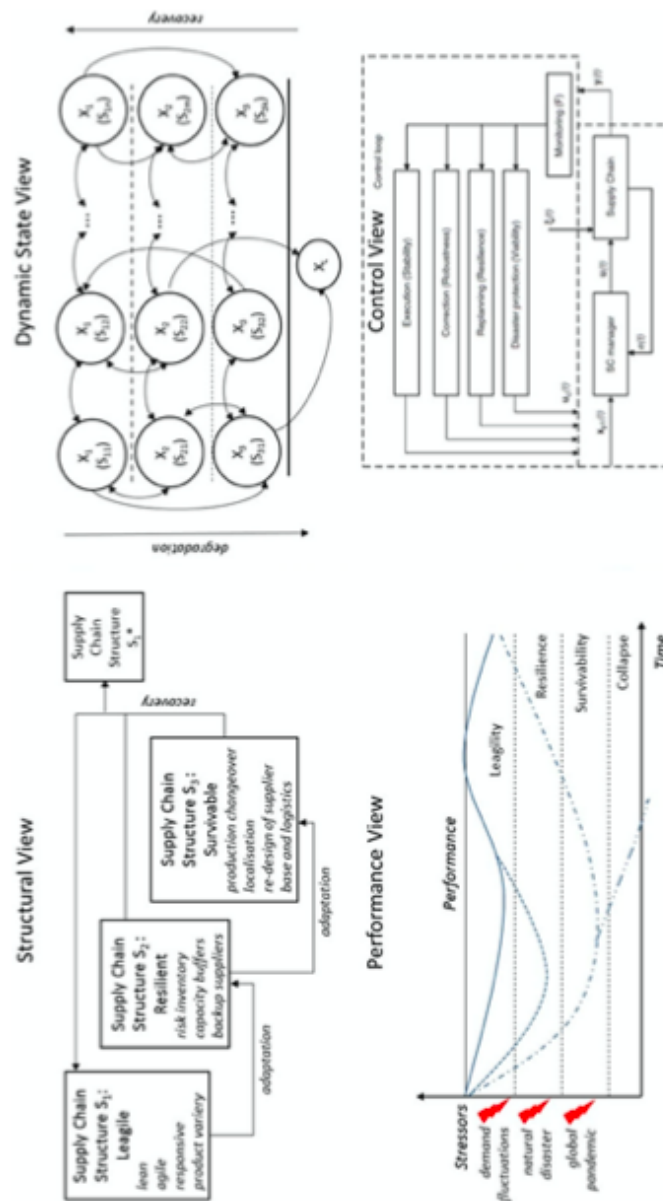


Fig. 7: Die obige Graphik aus Ivanov in [34] zeigt den gesamten resilienten Risikomanagementprozess, der auf diskrete kontrolltheoretische Modelle Bezug nimmt.

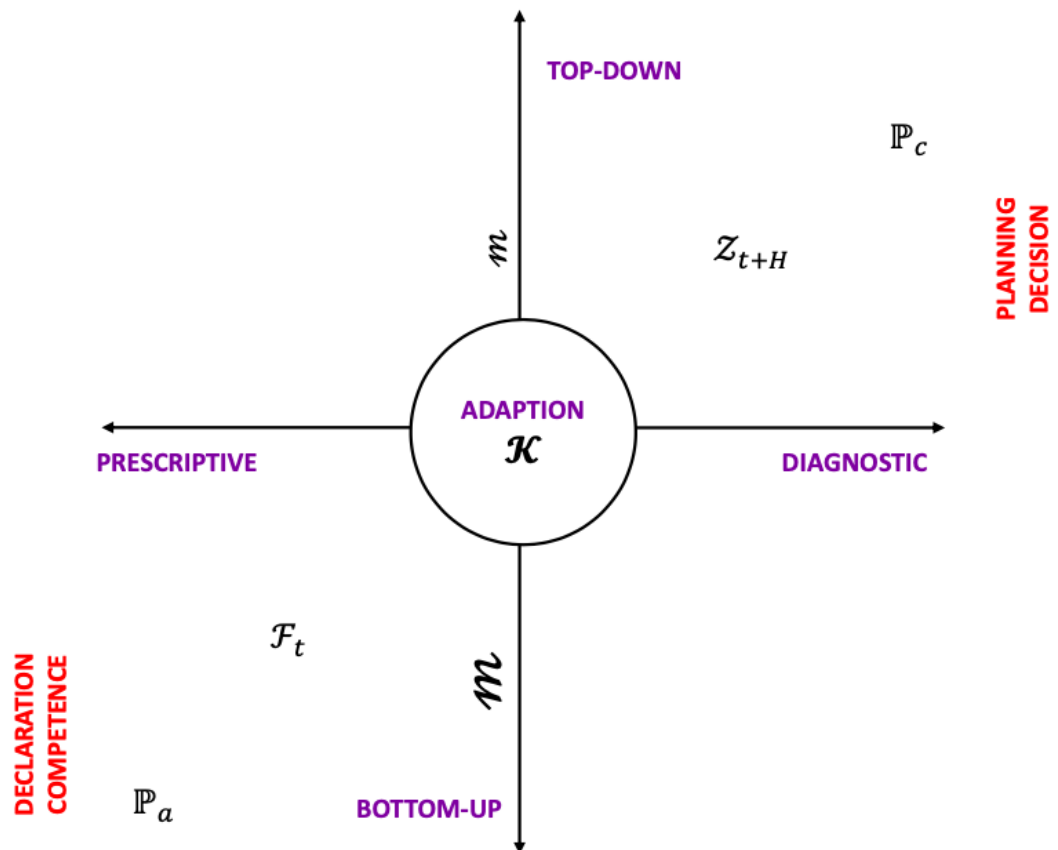


Fig. 8: Die obige Graphik thematisiert das Spektrum von endogen oder exogen initiierten Modellanwendungen. Die Notwendigkeit der Vorstandsbeteiligung zur Implementierung einer resilienten Strategie lässt Bottom-up Modelle vorzugswürdig erscheinen.

7 Summa summarum

Die Frage

Was leistet Solvency II für die Resilienz der Assekuranz?

steht im Brennpunkt dieser Untersuchung. Zur deren Beantwortung kommt dem Verstehen der Paradoxie, welche bereits im Untertitel **Balancing freedom and risk** von Padoa-Schioppas Buch, [58], anklingt eine Schlüsselrolle zu. Neben den bisherigen strukturellen Ausführungen, die auf

Luhmanns Autopoiesis als Heuristik rekurren, greift Peters in [59] Positionen von Deleuze auf, welche die Dialektik zwischen freiheitlicher Dynamik und deren Kontrolle postmoderner Gesellschaften, die Deleuze als in Kontrollgesellschaften versteht, in den Mittelpunkt stellt. In Bezug auf die Resilienz kommt dem der Freiheit innewohnenden Potential eine wichtige Rolle zu. Deleuze sieht in Ergänzung zu den Ausführungen in Abschnitt zwei, vier freiheitliche Kontrolldimensionen:

Kontrolle durch Freiheit – dem entsprechen in Solvency II interne Modelle

Kontrolle durch Distanz – die Prüfung der Solvenzbilanz durch Wirtschaftsprüfer delegiert hoheitliche Aufgaben an nicht-staatliche Akteure. Auch können Aspekte der Validierung hierunter subsumiert werden

Situative Kontrolle und Modulation – dies entspricht der Maxime risiko-orientierter Aufsichtskonzepte

Permanente und unmittelbare Kontrolle – Über Rückkopplungen erfolgt eine kontinuierliche Kontrolle via Reportings, ad-hoc Berichte etc...

Die Einsichten Deleuze' komplettieren diejenigen von Luhmann. Trotz ihrer unterschiedlichen Ansätze komme beide zu vergleichbaren Ergebnissen, wenngleich insbesondere Luhmanns Theorie der Beobachter n-ter Ordnung viele nützliche Heuristiken liefert.

Strukturell verfügt Solvency II über wichtige Komponenten, denen ein klarer Bezug zur Resilienz eigen ist (MCR, Sanierungsplan). Jedoch steht die Entwicklung resilienzbasierter Risikomanagementsysteme, wie sie in VUCA-esquen von Nöten ist, noch aus.

Die folgenden Ausführungen substantiieren diese Kritik.

Methoden: global vs lokal Die Grundkonstruktion von Solvency II verwendet, wie schon in dessen Blaupause, Basel II, Pricingmodelle als Ankerpunkt (Paradigma der Marktkonsistenz, siehe Bühlmann et al [76] sowie Riskmetriks [52]). Finanzinstrumente zeichnet ein lokale Struktur im Kontext eines Portfolios aus. Diese auf eine globale Struktur fortzusetzen, d.h., das Ganze als Summe aller seiner Teile darzustellen, unterminiert das Occam'sche Prinzip. Dies kreierte (unter anderem als Folge der overdispersion) Unsicherheiten bei: Entscheidungen, Validierung, Bewertung von Rechtsfolgen, Reifegrad von Geschäftsprozessen.

Verzerrte Interdisziplinarität Multidisziplinarität charakterisiert das moderne Risikomanagement und folglich die Aufgabe der Regulierung, d.h. die Ausgestaltung eines Rahmenwerkes für eines adäquates SCR. In der Finanzbranche kommen ökonomische, juristische und mathematische Komponenten zum Einsatz.

Ein Blick auf die Praxis der Regulierung und der aufsichtlichen Überwachung zeigt folgende Rangfolge:

Juris Prudens > Mathesis Universalis > Oeconomica, (29)

d.h.: Form dominiert Materialität, diese den Zweck. Die Autopoiesis erklärt dieses bürokratische Phänomen, jedoch fordert die Resilienz eine gegenläufige Dominanzrelation ein. Hier unterscheiden sich Konzepte der Aufsicht wesentlich von Ratingagenturen (siehe Figur 5) sowie der Unternehmenssteuerung (Nebenbei bemerkt, impliziert (29) auch das Risiko einer Verzerrung der Bedeutung der Validierung, wenn die Modellperformanz keine überwiegende Beurteilung via Use Test erfährt.)

Informationsnutzen Ein Informiertheitsvergleich unterschiedlicher Stakeholder (Aufsicht, Aufsichtsrat, Vorstand, Ratingagenturen, Shareholder, Wirtschaftsprüfer) bringt die Frage nach dem Wert der Information (value of information), der durch Solvency II initiierten Berichtsformate (z. B.: SFCR) ins Bewusstsein. Im Lichte von (3) bzw. (5) kommt der Präferenz für eine ergebnisorientierte (\mathbb{P}_C) vs. prozessorientierte Regulierung (Figur 1) nicht nur im Hinblick auf deren unterschiedliches autopoietisches Potential, sondern auf deren Wert im Sinne Entscheidungsunterstützung eine erhebliche Bedeutung zu (Reduktion eines potentiellen Regrets) zu.

Börsennotierte Unternehmen informieren ihre Shareholder mittels Gewinnprognosen, dies entspricht dem Geiste eines ergebnisorientierten Pre-Commitment Ansatzes, siehe Kupiec und O'Brian in [48] und [49] sowie Kiesel und Stahl in [42], der auf der Bildebene (C in (3)) den quantitativen Ansatz der Ratingagenturen potentiell abstrahiert. Shareholder, Ratingagenturen und Vorstand eint die Sorge um die (langfristige) Solvenz (Ausfallwahrscheinlichkeit bestimmt aus \mathbb{P}_C) des Unternehmens. Der Zusatznutzen eines prozessorientierten Ansatzes ist kritisch zu hinterfragen.

Beispiel 16 (Information aus Geschäftsprozessen): Bezeichne Π das Portfolio aus Finanzinstrumenten einer Versicherung und \mathfrak{X} die assoziierte Zufallsvariable für Geschäftsprozessen zur Bestimmung operationeller Risiken. Realistische Annahmen aus Sicht der Praxis sind: Π und \mathfrak{X} sind bedingt unabhängig ($\Pi \perp\!\!\!\perp \mathfrak{X}$) und $10 \times \rho(\mathfrak{X}) = \rho(\Pi)$. Dann ist

$$\rho(\Pi \cup \mathfrak{X}) = \sqrt{\rho^2(\Pi) + \rho^2(\mathfrak{X})} = \rho(\mathfrak{X}) \times \sqrt{100 + 1} \approx \rho(\mathfrak{X}) \times 10,05 \approx \rho(\Pi) \quad (30)$$

Nebenbei bemerkt wiederholt sich die Verletzung von Occham's Prinzip auf Ebene der Geschäftsprozesse. ■

Da operationelle Risiken mit Eigenmitteln zu unterlegen sind, geht die geringe Materialität mit der Verletzung von Occham's Prinzip Hand in Hand.

VUCA Das Akronym VUCA findet sowohl zur Problembeschreibung (volatility, uncertainty, complexity, ambiguity) als auch zur Lösungsstrategie (Vision, Understanding, Courage, Agility) Verwendung, siehe Kiesel und Stahl [44]. Resilienz kann dabei als gesamthafte Lösungsstrategie verstanden werden, siehe Stahl und Bennies [72].

Das Feedforwardprinzip, in Figur 3 kombiniert in statischer Weise BAU-Szenarien, simuliert aus \mathbb{P}_A , mit der Solvenzbilanz, als in $t = 0$ alle Szenarien Verwendung, die bez. \mathbb{P}_C eine Wahrscheinlichkeit von 99,5% haben.

Dieser Ansatz kombiniert ein Möglichkeitsprinzip mit einem Vorsichtsprinzip. Eine ausreichende Kapitalausstattung ermöglicht ein Portfolio Π in ein akzeptables zu verwandeln ($\rho(\Pi + C) = \rho(\Pi) - C$). Entscheidend ist \mathbb{P}_C sowie das zur Verfügung stehende Kapital. Es dominieren

planbare Entscheidungen in einer stabilen Ökonomie, geringfügige Störungen (Demings Plan-Do-Check-Act Ansatz ist angemessen). Insgesamt dominiert die Bildebene C in (3). Dies gilt auch für die Regulierung R in (5).

Unter den Annahmen von Solvency II stellt die Eigenmittelausstattung (in $t = 0$) das Überleben des Unternehmens (in $t = 1$), ohne zusätzliche Eingriffe, mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit sicher.

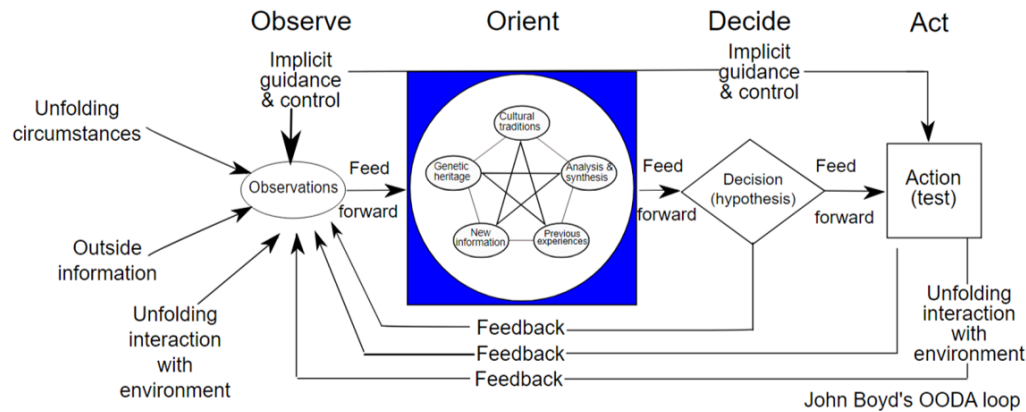


Fig. 9: Die ISO-Norm des Risikomanagements beruht auf Demings Regelkreis (ebenso Aufsichtsnormen, die sich implizit darauf beziehen). Eine Anpassung an den OODA-Regelkreis steht noch aus.

Die Umsetzung resilienter Strategien folgt als Changenmanagement durch Geschäftsprozesse via \mathcal{X} einem Wirklichkeitsprinzip. Dabei kommt der Zeit (Agilität), wie in (27) eine entscheidende Rolle zu (Agilität). Dies führt in der Praxis zu einer Führungsaufgabe (Leadership, Vision, Courage). Diese Sicht knüpft direkt an Luhmanns Beobachter 2-ter Ordnung an. Wie ausgeführt, nimmt Solvency II unter vielen Aspekten die Perspektive von Beobachtern erster Ordnung ein. Im Hinblick auf die Resilienz, stellt dies ihr größtes Manko dar. So verlieren die BAU-Szenarien an Bedeutung. Anstelle Demings Plan-Do-Check-Act tritt Boyd's Oreient-Observe-Decide-Act Ansatz, der die strukturelle Blaupause vieler Agilitätstechniken (SCRUM,...) liefert. Das Buch *Structural dynamics and resilience in supply chain risk management* von Ivanov, [35], zeigt beispielhaft wie resiliente Konzepte in einem kontrolltheoretischen Rahmen umgesetzt werden können. Darüber hinaus setzen resiliente Ansätze über \mathcal{X} die Gültigkeit von Ashby's Gesetz (Ist die externe Komplexität größer, als die Fähigkeit des Systems damit umzugehen, dann stirbt das System) voraus. Diese Flexibilität kann, insbesondere auf der Zeitachse von Solvency II als prozessorientierte Regulierung nicht abgebildet werden. Hierfür bieten sich prinzipienbasierte Regelungen – wie z. B. der Pre-Comittment Ansatz an.

Der OODA-Regelkreis in Figur 9 geht mit einer Lernkultur Hand in Hand. Die Lernkurve dominiert Aspekte des Compliance. Die notwendige aktive Rolle von Entscheidungsträgern bei der Formulierung explorativer Szenarien, läßt eine Top-down Modellierung im Vergleich zu einer Top-down Modellierung als vorzugswürdig erscheinen.

Literatur

- [1] H Igor Ansoff. Managing strategic surprise by response to weak signals. *California management review*, 18(2):21–33, 1975.
- [2] Jean-Pierre Aubin. Recovering the missing hand of adam smith’s invisible man: Viable bilateral tâtonnement dynamics. 2012.
- [3] Jean-Pierre Aubin. *Time and money: how long and how much money is needed to regulate a viable economy*, volume 670. Springer Science & Business Media, 2013.
- [4] Jean-Pierre Aubin, Alexandre M Bayen, and Patrick Saint-Pierre. *Viability theory: new directions*. Springer Science & Business Media, 2011.
- [5] Jean Pierre Aubin, Luxi Chen, and Olivier Dordan. *Tychastic measure of viability risk*. Springer, 2014.
- [6] Terje Aven. *Quantitative risk assessment: the scientific platform*. Cambridge university press, 2011.
- [7] Ulrich Beck. *Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Suhrkamp Verlag, 2016.
- [8] Tanya Styblo Beder. Var: Seductive but dangerous. *Financial Analysts Journal*, 51(5):12–24, 1995.
- [9] Andreas Bergknapp and Heinz Jiraneck. Beobachtungen der beobachtungen: Ein systemtheoretisches beratungsdesign. *Arbeit*, 14(2):103–117, 2005.
- [10] D Bergmann, A Reuss, A Siebert, G Stahl, and HJ Zwiesler. Computational aspects of nested monte-carlo simulations for risk management purposes. Technical report, Working Paper, 2009.
- [11] Nicholas H Bingham and Rüdiger Kiesel. *Risk-neutral valuation: Pricing and hedging of financial derivatives*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [12] Ottmar Bongers and Gerhard Stahl. Economic capital and the use test. In Andreas Oehler, editor, *Risikomanagement für Investmentfonds und Hedge Funds - Status quo vadis?*, pages 203–224, 2007.
- [13] Deutsche Bundesbank. *Grundsatz I über die Eigenmittel der Institute*. Dt. Bundesbank, 2001.
- [14] Fritjof Capra and Pier Luigi Luisi. *The systems view of life: A unifying vision*. Cambridge University Press, 2014.
- [15] Simone Cerreia-Vioglio, Fabio Maccheroni, Massimo Marinacci, and Luigi Montrucchio. Ambiguity and robust statistics. *Journal of Economic Theory*, 148(3):974–1049, 2013.
- [16] Roger Cooke. *Experts in uncertainty: opinion and subjective probability in science*. Oxford university press, 1991.
- [17] Jón Daniélsson. *The illusion of control: why financial crises happen, and what we can (and can’t) do about it*. Yale University Press, 2022.
- [18] Homayoon Dezfuli, Allan Benjamin, Christopher Everett, Gaspare Maggio, Michael Stamatiatos, Robert Youngblood, Sergio Guarro, Peter Rutledge, James Sherrard, Curtis Smith, et al. Nasa risk management handbook. Technical report, 2011.

- [19] Luc Doyen. Mathematics for scenarios of biodiversity and ecosystem services. *Environmental Modeling & Assessment*, 23(6):729–742, 2018.
- [20] Luc Doyen and Michel De Lara. Stochastic viability and dynamic programming. *Systems & Control Letters*, 59(10):629–634, 2010.
- [21] Jürgen Eichberger, Joachim Funke, Ute Mager, and Ulrich Platt. Risiko. 2023.
- [22] Luis Fonseca. The efqm 2020 model. a theoretical and critical review. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(9-10):1011–1038, 2022.
- [23] Sylvestre Frezal. Solvency ii is not risk-based—could it be? evidence from non-life calibrations. *North American Actuarial Journal*, 22(3):365–379, 2018.
- [24] U. Gaumert. Abschied von den internen marktrisikomodellen unter säule i, die abstimmung mit den füßen. volume 20, pages 2–5, 2024.
- [25] Peter Gomez and Mark Lambertz. *Leading by Weak Signals: Using Small Data to Master Complexity*, volume 5. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2023.
- [26] Alan Greenspan. Banking in the global marketplace. In *Speech delivered at the Federation of Bankers Associations, Tokyo, Japan, November 18, 1996*.
- [27] Global Derivatives Study Group and Group of Thirty. *Derivatives: Practices and Principles*, volume 1. Group of Thirty, 1994.
- [28] Lars Peter Hansen and Thomas J Sargent. Risk, ambiguity, and misspecification: Decision theory, robust control, and statistics. *Journal of Applied Econometrics*, 39(6):969–999, 2024.
- [29] Wolfgang Härdle, Zdeněk Hlávka, and Gerhard Stahl. On the appropriateness of inappropriate var models. *Allgemeines Statistisches Archiv*, 90(2):273–297, 2006.
- [30] Christian Hugo Hoffmann. *Assessing risk assessment: towards alternative risk measures for complex financial systems*. Springer, 2017.
- [31] Christopher Hood. *The Government of Risk: Understanding Risk Regulation Regimes*. Oxford University Press, 2001.
- [32] Stefan Huschens and Gerhard Stahl. Model risk as multiplicative risk factor. In *Modern Finance and Risk Management: Festschrift in Honour of Hermann Locarek-Junge*, pages 247–267. World Scientific, 2022.
- [33] Gregory Hutchins. *ISO 31000: 2018 enterprise risk management*. Greg Hutchins, 2018.
- [34] Dmitry Ivanov. Viable supply chain model: integrating agility, resilience and sustainability perspectives—lessons from and thinking beyond the covid-19 pandemic. *Annals of operations research*, 319(1):1411–1431, 2022.
- [35] Dmitry Ivanov et al. *Structural dynamics and resilience in supply chain risk management*, volume 265. Springer, 2018.
- [36] T. de Maiziere P. Steinbrück und A. Voßkuhle Jäckel, J. *Initiative für einen handlungsfähigen Staat*. Herder Verlag, 2025.
- [37] S Jaschke and G Stahl. Internal models under solvency ii. *Life & Pensions*, pages 36–40, 2007.

- [38] Stefan Jaschke, Gerhard Stahl, and Richard Stehle. Evaluating var forecasts under stress—the german experience. Technical report, CFS Working Paper, 2003.
- [39] Daniel Kahneman. *Thinking, fast and slow*. macmillan, 2011.
- [40] Cem Karacadag and Michael W Taylor. *The New Capital Adequacy Framework-Institutional Constraints and Incentive Structures*. Number 8. SUERF Studies, 2000.
- [41] Detlef Kaulbach, Gunne W Bähr, Petra Pohlmann, Jürgen Bürkle, Stephanie Honnefelder, Dominik Schäfers, Susann Göertz, Volker Lemmer, Gerhard Stahl, and Ulrich Fahr. *Versicherungsaufsichtsgesetz: mit Finanzdienstleistungsaufsichtsgesetz, Verordnung (EU) Nr. 1094/2010 (EIOPA-Verordnung) und Versicherungs-Vergütungsverordnung: Kommentar*. Verlag CH Beck, 2019.
- [42] Rüdiger Kiesel and Gerhard Stahl. An uncertainty-based risk management framework for climate change risk. *Annals of Actuarial Science*, 17(3):420–437, 2023.
- [43] Ruediger Kiesel, Ralf Korn, Frank Thomas Seifried, and Gerhard Stahl. Music from the new world-minimum capital requirement and resilience featuring control theory. *Available at SSRN 5408962*, 2025.
- [44] Ruediger Kiesel and Gerhard Stahl. Actuaries of the 6th kind-individuals with qualities. *Available at SSRN 4910761*, 2024.
- [45] Carmen Koberstein-Windpassinger and Gerhard Stahl. Säulenübergreifende prüfungsansätze der bafin für interne risikomodelle. *Risikomanagement für Investmentfonds und Hedge Funds-Status quo vadis?*, pages 315–327, 2007.
- [46] Tim Koller, Marc Goedhart, and David Wessels. *Valuation: measuring and managing the value of companies*. John Wiley & Sons, 2010.
- [47] Ralf Korn and Gerhard Stahl. A first look back: model performance under solvency ii. *European Actuarial Journal*, pages 1–9, 2023.
- [48] P Kupiec and J O’Brien. Commitment is the key: The designers of the pre-commitment approach to market risk respond to its critics. *RISK-LONDON-RISK MAGAZINE LIMITED-*, 9:60–64, 1996.
- [49] Paul Kupiec and James M O’Brien. The pre-commitment approach: using incentives to set market risk capital requirements. *Available at SSRN 100*, 1997.
- [50] Sigifredo Laengle and Tomás Laengle-Aliaga. The viable system model and the viability theory: Collaborations paths. *Journal of the Operational Research Society*, 75(1):184–194, 2024.
- [51] Hermann Locarek-Junge and Gerhard Stahl. *Die Struktur der Mindestanforderungen an das Kreditgeschäft aus prozessorientierter Sicht*. Techn. Univ., Fak. Wirtschaftswiss., 2002.
- [52] Jacques Longerstaeay and Peter Zangari. Risk metrics. 1996.
- [53] Christopher Lotz and Gerhard Stahl. Why value at risk holds its own. *EUROMONEY-LONDON-*, 36(430):96, 2005.
- [54] Niklas Luhmann. Soziologie des risikos. In *Soziologie des Risikos*. de Gruyter, 2003.

- [55] Alexander J. McNeal, Paul Embrechts, and Rüdiger Frey. *Quantitative Risk Management*. Princeton University Press, 2015.
- [56] Piero Mella. *Magic Ring*. Springer, 2021.
- [57] Jan Overwijk. Paradoxes of rationalisation: Openness and control in critical theory and Luhmann's systems theory. *Theory, Culture & Society*, 38(1):127–148, 2021.
- [58] Tommaso Padoa-Schioppa. *Regulating finance: balancing freedom and risk*. Oxford University Press, 2004.
- [59] Christian Helge Peters. Die dialektik von freiheit und kontrolle: Zur aktualitat der kontrollgesellschaft. *Soziopolis: Gesellschaft beobachten*, 2015.
- [60] KH Spencer Pickett. *The internal auditing handbook*. Wiley Online Library, 2010.
- [61] Michael Power. *The audit society: Rituals of verification*. OUP Oxford, 1997.
- [62] Michael Power. The audit society—second thoughts. *International Journal of Auditing*, 4(1):111–119, 2000.
- [63] Michael Power. Afterword: audit society 2.0? *Qualitative Research in Accounting & Management*, 21(1):2–6, 2024.
- [64] A. Diefenhardt und Max Jager R. Koch, T. Weck Julia Redenius-Hövermann. Fccr policy paper finanzmarktregulierung: ein schlüsselfaktor für die wettbewerbsfähigkeit der eu-finanzwirtschaft. Technical report, Frankfurt Competence Centre for German and Global Regulation at Frankfurt School of Finance and Management, 2025.
- [65] Riccardo Rebonato and Alexander Denev. *Portfolio management under stress: a Bayesian-net approach to coherent asset allocation*. Cambridge University Press, 2013.
- [66] Arne Sandström. *Handbook of solvency for actuaries and risk managers: theory and practice*. CRC press, 2016.
- [67] Matthias Scherer and Gerhard Stahl. The standard formula of solvency ii: a critical discussion. *European Actuarial Journal*, 11(1):3–20, 2021.
- [68] David Spiegelhalter. Risk and uncertainty communication. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 4(1):31–60, 2017.
- [69] Gerhard Stahl. Three cheers: Why the basle committee's market risk multiplication factor is fully justified. *RISK-LONDON-RISK MAGAZINE LIMITED-*, 10:67–69, 1997.
- [70] Gerhard Stahl. Model uncertainty in a holistic perspective. In *Advanced Modelling in Mathematical Finance: In Honour of Ernst Eberlein*, pages 189–215. Springer, 2016.
- [71] Gerhard Stahl, Carsten S Wehn, and Andreas Zapp. Backtesting within the trading book. *The Journal of Risk*, 8(2):1, 2005.
- [72] Gerhard Stahl und Juergen Bennies. Robustheit, resilienz und verantwortung – aktuelle aspekte des risikomanagements. *WISU*, (10), 2024.
- [73] Michael Ungar. Systemic resilience. *Ecology and society*, 23(4), 2018.

-
- [74] Falko von Ameln. Führen und entscheiden unter unsicherheit. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 52(4):567–577, 2021.
- [75] Thomas C Wilson. *Value and capital management: a handbook for the finance and risk functions of financial institutions*. John Wiley & Sons, 2015.
- [76] Mario Valentin Wüthrich, Hans Bühlmann, and Hansjörg Furrer. *Market-consistent actuarial valuation*. Springer, 2010.
- [77] Arnold Zellner, Hugo A Keuzenkamp, and Michael McAleer. *Simplicity, inference and modeling: Keeping it sophisticatedly simple*. Cambridge University Press, 2002.
- [78] Reinhold Zippelius. *Das Wesen des Rechts: eine Einführung in die Rechtsphilosophie*. Beck, 1997.