

Struktur und Antistruktur als orthogonale Kopplung

Grundlegung des Resonanzmodells

Paper P1 des Forschungsprogramms — Theoriepaper

Artur Klassen

artur.klassen@me.com

2. August 2026

Zusammenfassung

Das Paper legt die theoretische Grundlage des *Resonanzmodells*. Ausgangspunkt ist Victor Turners Unterscheidung von *Struktur* und *Antistruktur* — der manifesten sozialen Ordnung und dem latenten Veränderungspotential, das in Übergängen, Ritualen und Krisen wirksam wird. Das Modell fasst beide als Komponenten eines Zustands $\Psi = M + iI$ mit zwei unabhängigen reellen Freiheitsgraden: *generativ*, nicht als Ableitung des einen aus dem anderen. Drei Säulen tragen das Programm. (i) *Geometrie und Dynamik*: Die Interaktion vieler Träger solcher Zustände wird im Formalismus gekoppelter Oszillatoren beschrieben (Kuramoto–Sakaguchi, Stuart–Landau); Liminalität erhält eine dynamische Lesart als Kritikalität, freie Phasenlage als Kopplungsfrustration. (ii) *Rekonstruktion*: Da nur M beobachtbar ist, ist der Schluss auf I ein schlecht gestelltes inverses Problem; Rand- und Zeitinformation verengen die Menge kompatibler Konfigurationen, ohne sie je auf einen Punkt zu reduzieren, und ein irreduzibler Restterm $R_s > 0$ formalisiert die prinzipielle Nicht-Einholbarkeit des Latenten. (iii) *Ordnungsrahmen*: Die Freiheitsstufen-Hierarchie $\mathfrak{M}_0 \subset \mathfrak{M}_1 \subset \mathfrak{M}_2 \subset \mathfrak{M}_3$ und eine geschichtete Ebenenarchitektur machen das Modell ebenenweise falsifizierbar; eine vierteilige Abgrenzungsregel sichert den Restterm gegen seinen Missbrauch als Immunisierungsfigur. Das Modell ist *quantum-like*, nicht quantenphysikalisch, und wird explizit gegen Active Inference und Khrennikovs Kontextualitätsprogramm abgegrenzt. Fünf konditionale Hypothesen und eine designierte riskante Vorhersage (H2b) schließen den empirischen Teil ab; für keine Hypothese liegen *konfirmatorische* Daten vor — vollzogen ist eine explorative Auswertung des vorhandenen Materials, die keinen replizierten Zusammenhang ergab (P3, Abschnitt 7.8).

Schlüsselbegriffe: Struktur/Antistruktur · Liminalität · Synchronisation · inverses Problem · partielle Identifikation · latente Zustandsrekonstruktion

Kernidee

In Ritualen, Krisen, Theaterprozessen und gesellschaftlichen Umbrüchen besteht häufig eine Spannung zwischen der bestehenden *Ordnung* und einem noch nicht realisierten *Veränderungspotential*. Der Anthropologe Victor Turner beschreibt dieses Verhältnis als das Zusammenspiel von **Struktur** und **Antistruktur**. Das Resonanzmodell versucht, diese Dynamik formal zu beschreiben.

Dazu fasst es beide Seiten als zwei Komponenten *eines* Zustands:

$$\Psi = M + iI$$

mit M für die manifeste Ordnung (Struktur) und I für das latente Veränderungspotential (Antistruktur). *Latent* heißt dabei nicht unwichtig, sondern nicht unmittelbar an der Oberfläche: das stille Misstrauen unter formaler Höflichkeit, der Tonfall unter dem Gesagten, die wachsende Bereitschaft zur Veränderung lange vor ihrem Ausbruch. *Resonanz* bezeichnet die Kopplung solcher Zustände; Konformität, Synchronisation und kollektive Musterbildung erscheinen als Effekte dieser Kopplung.

Das Modell behauptet dabei keine bestimmte Dynamik der Welt, sondern stellt eine *präzise Sprache* bereit, in der sich Turners Unterscheidung formulieren und verschiedene Verlaufshypothesen vergleichen lassen. Die Mathematik ist Werkzeug, nicht Ausgangspunkt.

Was von Turner kommt, was hier neu ist. Turner beschreibt Struktur und Antistruktur *qualitativ*. Das Resonanzmodell schlägt vor, beide als Komponenten *eines gemeinsamen Zustandsraums* zu modellieren — sodass Übergänge, Zwischenzustände und Transformationen *formal* beschrieben und verschiedene Verlaufshypothesen verglichen werden können. Darin liegt der Eigenbeitrag.

Was dieses Paper leistet. Abschnitt 2 präzisiert die Begriffe, Abschnitt 3 entwickelt das Zustandsmodell mit seiner kanonischen Definitionsbox, Abschnitt 4 die ebenenweise falsifizierbare Architektur samt Grundwette. Abschnitt 5 ordnet das Modell als *quantum-like* ein, Abschnitt 6 entfaltet die Einschränkungserkenntnis (Rekonstruktion, Restterm, Abgrenzungsregel), Abschnitt 7 die fünf konditionalen Hypothesen samt der riskanten Vorhersage H2b. Die Abschnitte 8 und 9 weisen Eigenleistung und Grenzen deflationär aus. Für keine Hypothese liegen *confirmatorische* Daten vor — die vorhandene Auswertung ist explorativ und hat keinen replizierten Zusammenhang ergeben; kein Satz dieses Papers ist als Ergebnisbericht zu lesen.

Inhaltsverzeichnis

Kernidee	1
1 Einleitung	4
2 Begriffliche Grundlegung	4
3 Das Modell	6
3.1 Die kanonische Definitionsbox	6
3.2 Warum die komplexe Amplitude?	7
3.3 Die Freiheitsstufen als geschachtelte Modellklasse	7
3.4 Drei Orthogonalitätsbegriffe	10
3.5 Drei Phasengrößen	11
3.6 Dynamik in Kurzform	11
4 Ebenenarchitektur und Grundwette	13
5 Geltungsanspruch: quantum-like, nicht Quantenphysik	15
5.1 Was behauptet wird — und was nicht	15
5.2 Anschlussfelder	15
5.3 Abgrenzung zu Active Inference	16
5.4 Abgrenzung zu Khrennikovs Kontextualitätsprogramm	16
6 Einschränkungserkenntnis: Rekonstruktion und der Restterm	16
6.1 Das inverse Problem der Antistruktur	16
6.2 Rekonstruktionsoperator und Restterm	17
6.3 Die Abgrenzungsregel: $R > 0$ als Schranke, nicht als Ausrede	18
7 Falsifizierbare Hypothesen	19
8 Einordnung in den Forschungsstand	20
9 Grenzen und offene Probleme	21
Literatur	22
Erklärung	24

1 Einleitung

Problem. Die Ritual- und Übergangstheorie seit van Gennep (1909) und Turner (1969) beschreibt das Verhältnis von bestehender Ordnung und noch nicht realisiertem Veränderungspotential qualitativ — als Zusammenspiel von Struktur und Antistruktur. Eine mathematische Formalisierung der Antistruktur ist in der Ritualtheorie nicht etabliert; zugleich erfasst eine reine Strukturbeschreibung nur die Momentaufnahme der Ordnung und erklärt nicht, warum Systeme kippen, sich erneuern oder rituell transformieren. Diese Lücke beansprucht das Resonanzmodell zu füllen: Es schlägt vor, Struktur und Antistruktur als Komponenten *eines gemeinsamen Zustandsraums* zu modellieren, sodass Übergänge, Zwischenzustände und Transformationen formal beschrieben und verschiedene Verlaufshypothesen verglichen werden können.

Herkunft. Das Modell ist nicht aus der Signaltheorie entstanden, sondern aus der Beobachtung sozialer Schwellenphänomene: Übergänge, Rituale, Theaterprozesse, Gruppenkrisen. Der biografische Hintergrund ist eine mehr als zehnjährige künstlerische Feldpraxis (2013–2026: Film-, Bühnen- und Bildungsprojekte), die einen umfangreichen dokumentierten Bestand an Video-, Interview- und Projektmaterial hervorgebracht hat. Dieses Material ist bislang nicht systematisch ausgewertet; die künstlerischen Projekte liefern den *Feldzugang* und den Gegenstandshintergrund des Modells — vollzogene Feldforschung im methodischen Sinn sind sie nicht. Epistemisch heißt das: Das Modell basiert auf **Erfahrung und beobachtender Empirie der Feldpraxis** — Beobachtung ist auch Messung: Die teilnehmende Beobachtung ist eine vollzogene Form empirischer Datenerhebung — Messung im methodologischen Sinn systematischer, dokumentierter Erhebung; instrumentelle Messungen stehen aus. Beobachtungsbasierte Begriffsbildung ist eine anerkannte Grundlage sozialwissenschaftlicher Theorie (die Ritual- und Übergangsforschung selbst ist so entstanden: teilnehmende Feldbeobachtung, dann Begriff); die *instrumentelle* Messung ist die geplante *Erweiterung* dieses Fundaments (Begleitpaper P3), nicht seine Basis, nicht sein Ersatz und nicht sein Maßstab. Diese Angaben zur Genese sind, soweit nicht durch Fremddokumente belegt, Selbstauskünfte des Autors; ebenso die Auskunft, dass das Programm bislang ohne institutionelle Peer-Einbettung entstanden ist und externe, unabhängige Begutachtung aussteht und erklärtes Ziel bleibt.

Beitrag. So gelesen ist diese Arbeit weniger eine mathematische Theorie, die auf Soziales angewendet wird, als eine sozialwissenschaftliche Unterscheidung, die eine formale Sprache sucht. Die komplexe Amplitude $\Psi = M + iI$ ist das Vehikel dieser Beschreibung, nicht ihr Ursprung. Der Eigenbeitrag ist die Abbildung $(M, I) \leftrightarrow$ (manifest, latent) und ihre Ausarbeitung in drei Richtungen: zu einem generativen Zustandsmodell mit ebenenweise falsifizierbarer Architektur (Abschnitte 3–4); zu einer Rekonstruktionstheorie, die den Schluss vom Manifesten auf das Latente als prinzipiell unabschließbar ausweist (Abschnitt 6); und zu einem Geltungsrahmen, der das Modell in die quantum-like-Forschung einordnet und deflationär abgrenzt (Abschnitte 5 und 8). Das vorliegende Paper P1 ist das Theoriepaper des Programms; die vollständige Dynamik samt Herleitungen und Numerik entfaltet das Begleitpaper P2, das empirische Prüfprogramm um die riskante Vorhersage H2b das Begleitpaper P3.

2 Begriffliche Grundlegung

Der Anthropologe Victor Turner beschreibt das Verhältnis von bestehender Ordnung und Veränderungspotential als Zusammenspiel von *Struktur* und *Antistruktur* (Turner 1969). **Struktur** ist die stabile, differenzierte soziale Ordnung — Rollen, Status, Normen, Institutionen: das Manifeste und Beobachtbare. **Antistruktur** ist das Latente daneben — bei Turner die *Liminalität* (Schwellenzustand; von lat. *limen*, Schwelle) und die *Communitas* (der unstrukturierte, egalitäre Zusammenhalt der Schwellenphase): jene Phasen von Übergängen

und Ritualen, im Anschluss an van Genneps Übergangsriten (van Gennep 1909), in denen die gewohnte Ordnung ausgesetzt ist, Rollen sich auflösen und ein Möglichkeitsraum entsteht. *Latent* heißt dabei nicht unwichtig, sondern nicht unmittelbar an der Oberfläche: das stille Misstrauen unter formaler Höflichkeit, der Tonfall unter dem Gesagten, die wachsende Bereitschaft zur Veränderung lange vor ihrem Ausbruch.

*Struktur sagt, wie es gerade geordnet ist;
Antistruktur, was im Übergang möglich wird.*

Resonanz ist in diesem Programm die Wechselwirkung beider Bereiche: Ordnung erzeugt Übergangspotential, Übergänge verschieben die Ordnung. Der Begriff schließt an Rosas Soziologie der Weltbeziehung an (Rosa 2016), wird hier aber formal gefasst; schon Simmel dachte Vergesellschaftung von *Wechselwirkungen* her, nicht von isolierten Substanzen (Simmel 1908). Der **Resonanzraum** ist die soziale Welt als Angebot von Sprachen, Rollen, Symbolen und Institutionen; er operiert auf der manifesten Seite: Er definiert, welche Manifestationen verfügbar, anerkannt oder sanktioniert sind — nicht, welche latente Struktur ein System besitzt.

Die Brücke im Überblick:

- Struktur → stabile soziale Ordnung (Rollen, Institutionen)
- Antistruktur → liminale Übergangszustände (Communitas)
- freie Phase → hybride Zustände zwischen beiden
- Kritikalität → dynamische Lesart von Liminalität
- Resonanz → Kopplung zwischen Ordnung und Übergang

Was von Turner kommt, was hier neu ist. Turner beschreibt Struktur und Antistruktur qualitativ und gliedert Übergänge in drei Phasen: *Separation*, *Liminalität*, *Re-Integration*. Diese Dramaturgie liefert die Leitvorstellung des Modells: Ein geordneter Zustand löst sich, durchläuft eine liminale Phase mit niedrigem kollektivem Ordnungsgrad und ordnet sich neu — als Kurve des Ordnungsgrads $|Z(t)|$ über der Zeit, die in der liminalen Phase einsinkt und zu einer neuen Ordnung ansteigt. Abbildung 1 zeigt diese Leitkurve. Sie ist ausdrücklich *Modellinterpretation* von Turners Dramaturgie, nicht Turners Theorie selbst: Turners Liminalität ist real offener und konflikthafter als jede glatte Kurve. Der Eigenbeitrag gegenüber Turner liegt allein in der Formalisierung.

Registertrennung. Das Paper spricht durchgängig in drei strikt getrennten Registern, deren Verwechslung die häufigste Fehllektüre früherer Fassungen war: (1) *Metapher/Anschauung* — Bilder wie die Wechselstrom-Analogie oder die Rede vom „Mitschwingen“ illustrieren das Modell, begründen aber nichts; (2) *Formalismus* — Definitionen, Gleichungen und Ableitungen sind mathematische Aussagen mit deklarierten Voraussetzungen; der Apparat (komplexe Amplitude, Phasenraum, Ordnungsparameter, inverse Probleme) ist Standard der nichtlinearen Dynamik und der Inferenztheorie und wird als geliehen ausgewiesen (Abschnitt 8); (3) *Empirie* — empirische Aussagen treten ausschließlich als Hypothesen mit Falsifikationsbedingungen auf (Abschnitt 7). Die Begriffsbildung selbst stützt sich auf die *beobachtende Empirie* der Feldpraxis — Beobachtung ist auch Messung; ihre Form ist hier die teilnehmende Feldbeobachtung (Abschnitt 1, Herkunft). *Instrumentelle* Messungen liegen bislang nicht vor und sind Gegenstand des Erhebungsprogramms — die Erweiterung, nicht die Voraussetzung der Definition. Diese Register-Erklärung ist Prüfkriterium: Ein Einwand gegen das Modell ist berechtigt, wenn eine Aussage das Register wechselt, ohne es zu deklarieren.

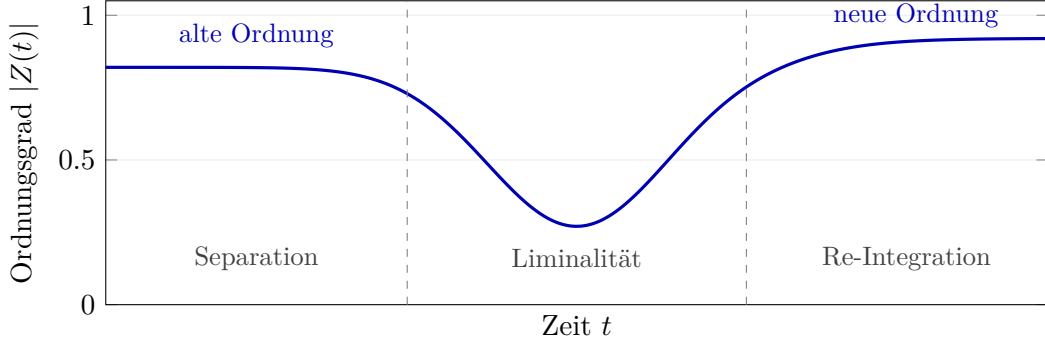


Abbildung 1: Leitgrafik: Modellinterpretation von Turners Dramaturgie — nicht Turners Theorie selbst. Der kollektive Ordnungsgrad $|Z|$ (Abschnitt 3.6) sinkt in der liminalen Phase und steigt zu einer neuen Ordnung. Turners Liminalität ist real offener und konflikthafter als jede glatte Kurve; gezeigt ist allein, wie das Modell den Übergang fasst.

3 Das Modell

3.1 Die kanonische Definitionsbox

Klartext: Hier bekommt der Zustand seine Form — Struktur und Antistruktur werden zwei Achsen eines Raums, mit Intensität und Phase als abgeleiteten Koordinaten. Nichts wird aus nichts „berechnet“: Beide Komponenten sind eigenständig. Die folgende Definitionsbox (D1–D5) ist die kanonische Fassung des Gesamtprogramms; sie ersetzt alle früheren Definitionsvarianten.

Definition 1 (D1: Zustand (generativ, primär)). Für ein resonanzfähiges System i — einen Menschen, eine Gruppe, einen Prozess — ist der Zustand die komplexe Amplitude

$$\Psi_i(t) := M_i(t) + i I_i(t), \quad M_i, I_i \in \mathbb{R} \text{ unabhängige reelle Freiheitsgrade}, \quad (3.1)$$

mit M (Struktur: manifest, beobachtbar) und I (Antistruktur: latent). *Unabhängig* heißt hier: generativ eigenständig und nicht deterministisch auseinander ableitbar — nicht: statistisch unabhängig. Die dynamische Kopplung beider Freiheitsgrade regelt die partielle Kopplung (D4, κ). Abgeleitete Koordinaten:

$$|\Psi_i|^2 = M_i^2 + I_i^2, \quad \theta_i := \text{atan2}(I_i, M_i), \quad M_i = |\Psi_i| \cos \theta_i, \quad I_i = |\Psi_i| \sin \theta_i. \quad (3.2)$$

Lesart: $\Psi = M + iI$ ist **Kompaktnotation** für das Paar $(M, I) \in Z_M \times Z_I$ mit Phasenkopplung; kein Anspruch auf einen komplexen Zustandsraum im ontologischen Sinn, keine Wellenfunktion, kein Born-Postulat; $|\Psi|^2$ ist eine klassische Signalintensität.

Definition 2 (D2: Rotationsoperator (Operatoraussage, nicht Komponentendefinition)). $\mathcal{J}\Psi := i\Psi$, $\mathcal{J}^2 = -\text{id}$, $\mathcal{J} : (M, I) \mapsto (-I, M)$. Die Multiplikation mit i ist eine 90° -Rotation des *Gesamtzustands*. **Unzulässig** bleibt $I := M \cdot i$ als Definition der Komponente (Abschnitt 3.2).

Definition 3 (D3: Rekonstruktionsrelation (Messschicht, sekundär)). Jede Beziehung der Form $I \approx \mathcal{Q}\{M, B, T\}$ ist eine **Rekonstruktion**, keine Definition:

$$I^*(t) = \mathcal{Q}\{M, B, T\} = \arg \min_{I \in S_I^{B,T}(M)} L(I, M, T), \quad I(t) = \mathcal{Q}\{M, B, T\} + R(t), \quad (3.3)$$

$$R = R_s + R_e, \quad R_s > 0 \text{ (irreduzibel)}, \quad \|R_e\| \leq C(1 - \kappa) \|I\|. \quad (3.4)$$

Definition 4 (D4: Partielle Kopplung). $\kappa = \kappa(\theta, B, T) \in [0, 1]$ misst, wie stark sich das Latente im Manifesten ausdrückt; hoch in Momenten der Resonanz, niedrig in Verstellung, Routine, Entfremdung.

Definition 5 (D5: Messpfad). Bei Einkanal-Daten wird der Zustand über das analytische Signal geschätzt: $\hat{\Psi} = [s + i\mathcal{H}\{s\}]e^{-i\omega_c t}$, mit der Hilbert-Transformation $\mathcal{H}$ als Realisierung des Quadraturanteils von $\mathcal{Q}$ und deklarerter Trägerfrequenz ω_c . $\mathcal{H}$ wirkt auf das *beobachtete* Signal — Merkmalsextraktion, kein Zugang zum verborgenen I ; die so erzeugte Quadratur ist per Konstruktion orthogonal und daher kein Beleg für die Signaturhypothese B2 (Abschnitt 4).

D1 und D2 definieren den Zustand; D3–D5 definieren, wie über ihn geschlossen und gemessen wird. Entscheidend ist, was diese Definition *nicht* sagt: I wird nicht aus M erzeugt. Das Modell ist *generativ* — beide Komponenten sind eigenständig, und genau diese Eigenständigkeit trägt die Erkenntnisgrenze $R_s > 0$ (Abschnitt 6). Die partielle Kopplung D4 ist dabei als Annahme markiert (κ ist ein hypothetischer Ordnungsparameter; Funktionalform und Messvorschrift sind offen, P2 R3).

3.2 Warum die komplexe Amplitude?

Zwei unabhängige Regler behandelten Struktur und Antistruktur als getrennte Größen. Die komplexe Schreibweise behauptet mehr: dass beide durch eine Phase verbunden sind und sich zyklisch ineinander übersetzen — Ordnung wird zu Übergangspotential und zurück. Erst diese Kopplung macht Turners Bewegung (Ordnung $\rightarrow$ Liminalität $\rightarrow$ neue Ordnung) als Trajektorie im Zustandsraum darstellbar: M liegt auf der Realachse, I auf der Imaginärachse; der Betrag $|\Psi|$ ist die integrierende messbare Größe, die Phase $\theta = \text{atan2}(I, M)$ beschreibt das zyklische Verhältnis beider. Abbildung 2 zeigt dieses Grundbild des Modells: den Zustand Ψ als Diagonale über den orthogonalen Achsen von Struktur und Antistruktur. Formal ist $\Psi = (M, I) \in Z_M \times Z_I$ eine äquivalente Schreibweise; die Komplexdarstellung dient der Kompaktheit und beansprucht keine Ontologie komplexwertiger Sozialzustände.

Die intuitive Idee „i dreht Struktur in Antistruktur“ ist richtig — als Operator auf dem Zustand (D2): $i\Psi = |\Psi|e^{i(\theta+\pi/2)}$ bildet die Strukturachse auf die Antistrukturachse ab und umgekehrt; Abbildung 3 veranschaulicht diese 90°-Rotation im Vektordiagramm. Nicht wohldefiniert wäre dagegen die *Komponentendefinition* $I := M \cdot i$: Wörtlich gelesen folgte $\Psi = M(1+i)$, also $|\Psi|^2 = 2M^2$, bzw. bei erzwungener Reellwertigkeit $I^2 = -M^2$ — sie machte I imaginär statt reell und zu einer deterministischen Funktion von M , im Widerspruch zur generativen Unabhängigkeit (D1) und zur strukturellen Orthogonalität (O3, Abschnitt 3.4).

Als Anschauungsbrücke — nicht als Begründung — dient die komplexe Leistung der Wechselstromtechnik $S = P + iQ$: Wie Blindleistung nicht in Arbeit überführbar, aber für den Maschinenbetrieb konstitutiv ist, so ist der latente Anteil kein Defekt, sondern systemkonstitutiv; und empirisch robust zugänglich ist primär die integrierende Größe $|\Psi|$, während die Zerlegung von der Phasenreferenz abhängt. Tabelle 1 fasst die Korrespondenz zusammen. Die Korrespondenz betrifft die mathematische Form der Zerlegung, nicht die physikalische Natur der Größen.

3.3 Die Freiheitsstufen als geschachtelte Modellklasse

Die Entwicklungsgeschichte des Programms kennt zwei Definitionslinien: eine ältere, in der die Antistruktur als deterministische Quadratur der Struktur definiert wurde ($I := \hat{Q}M$ mit $\hat{Q}^2 = -\mathbb{I}$, realisiert durch die Hilbert-Transformation), und die hier kanonische, in der I ein unabhängiger reeller Freiheitsgrad ist. Diese Linien sind kein Widerspruch zweier Theorien, sondern zwei Reifestadien einer Theorie: Kanonisch wird ihr Verhältnis als **geschachtelte**

Orthogonale Kopplung: Struktur (M), Quadratur (I), Betrag ($|\Psi|$)

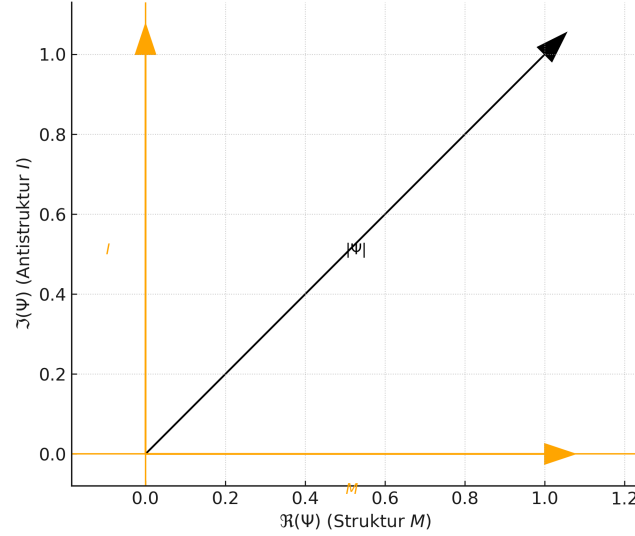


Abbildung 2: Grundbild des Modells (orthogonale Kopplung): Der Zustand Ψ (Diagonale) zerlegt sich in die manifeste Komponente M (Realachse, Struktur) und die latente Komponente I (Imaginärachse, Antistruktur). Der Betrag $|\Psi|$ ist die integrierende messbare Größe; die Phase $\theta = \text{atan2}(I, M)$ beschreibt das zyklische Verhältnis beider (O1: Darstellungsorthogonalität, Abschnitt 3.4).

Vektordiagramm: 90°-Rotation durch Multiplikation mit i

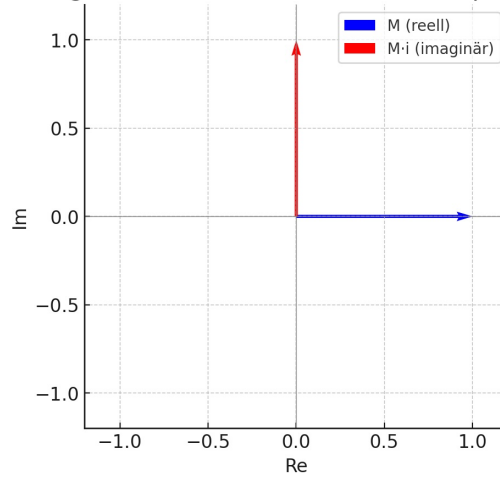


Abbildung 3: Vektordiagramm der 90°-Rotation durch Multiplikation mit i : Der reelle Vektor M (blau, Realachse) wird auf die Imaginärachse gedreht (rot). Dies ist die Operatorausage D2 über den *Gesamtzustand* ($\mathcal{J}\Psi = i\Psi$); als *Komponentendefinition* $I := M \cdot i$ bleibt dieselbe Rechnung unzulässig, weil sie I imaginär statt reell und zu einer deterministischen Funktion von M machte.

Tabelle 1: Anschauungsbrücke Resonanzmodell $\leftrightarrow$ komplexe Leistung der Wechselstromtechnik. Die Korrespondenz betrifft die mathematische Form der Zerlegung, nicht die physikalische Natur der Größen; sie illustriert das Modell, sie begründet es nicht (Registertrennung, Abschnitt 2).

Resonanzmodell	Elektrotechnik	Charakter
Struktur M	Wirkleistung P	manifest, direkt wirksam
Antistruktur I	Blindleistung Q	latent, systemkonstitutiv
Betrag $ \Psi $	Scheinleistung $ S $	integrierende Gesamtgröße
Phase θ	Phasenwinkel φ_S	Mischungsverhältnis

Modellklasse gefasst — die Stufen sind *Restriktionen* der vollen Theorie, und es gilt die strikte Schachtelung

$$\mathfrak{M}_0 \subset \mathfrak{M}_1 \subset \mathfrak{M}_2 \subset \mathfrak{M}_3. \quad (3.5)$$

Abbildung 4 zeigt die Hierarchie als geschachtelte Mengen; Tabelle 2 gibt Restriktionen, freie Größen und den Status jeder Stufe im Kanon an.

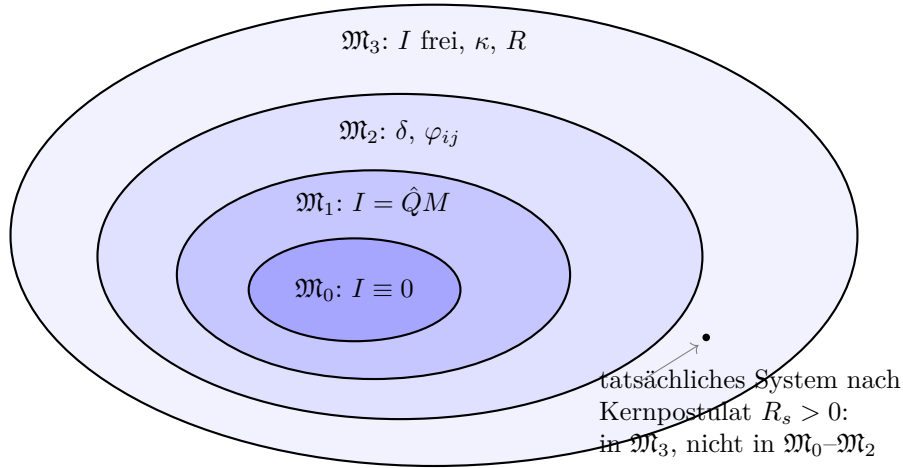


Abbildung 4: Freiheitsstufen als geschachtelte Modellklasse $\mathfrak{M}_0 \subset \mathfrak{M}_1 \subset \mathfrak{M}_2 \subset \mathfrak{M}_3$: Struktur-only-Nullmodell ($\mathfrak{M}_0$), deterministische Quadratur ($\mathfrak{M}_1$), Phasenwahl ($\mathfrak{M}_2$), volle Theorie mit unabhängigem I , partieller Kopplung κ und Restterm R ($\mathfrak{M}_3$). Das Kernpostulat $R_s > 0$ behauptet, dass das tatsächliche System nicht in $\mathfrak{M}_0$ – $\mathfrak{M}_2$ liegt; Stufe 1 ist Rand der Modellklasse, kein erreichbarer Punkt.

Drei Präzisierungen machen die Hierarchie belastbar. *Erstens*, Schachtelung vs. Wahrheitsanspruch: Die Stufen 0–2 sind Elemente der Modellklasse, aber das Kernpostulat der Stufe 3 ($R_s > 0$) behauptet, dass das tatsächliche System **nicht** in $\mathfrak{M}_0$ – $\mathfrak{M}_2$ liegt. Stufe 1 ($R = 0$, vollständige Bestimmbarkeit von I aus M) ist exakt die **Falsifikationsbedingung** der Rekonstruktionstheorie. Die Hierarchie ist damit epistemisch produktiv: Sie liefert die Nullmodelle, gegen die die volle Theorie getestet wird (H5: $\Delta\text{AIC/BIC}$, ΔR^2). *Zweitens*, zwei Erscheinungsweisen der Stufe 1: Als *Messpfad* (Hilbert-Quadratur auf beobachteten Daten) ist sie dauerhaft legitimer Bestandteil des Kanons — Schätzverfahren, nicht Theorieaussage; als *Zustandsbehauptung* („Antistruktur ist die Quadratur der Struktur“) ist sie überholt. *Drittens*, Grenzwert-Beziehung über κ : Im Limes maximaler Kopplung ($\kappa \rightarrow 1$) wird R_e minimal, und die Rekonstruktion nähert sich der bestmöglichen deterministischen Schätzung — der Stufe-1/2-Form; wegen $R_s > 0$ wird sie nie erreicht. Stufe 1 ist der **Rand der Modellklasse, kein erreichbarer Punkt**.

Tabelle 2: Die Freiheitsstufen $\mathfrak{M}_0$ – $\mathfrak{M}_3$: Restriktion, freie Größen und Status im Kanon.

Stufe	Restriktion	Freie Größen	Status im Kanon
Stufe 0 (Struktur-only)	$I \equiv 0, \Psi \approx M$	M	Nullmodell: dimensionsgleiches rein reelles Vergleichsmodell für den Modellvergleich (Hypothese H5)
Stufe 1 (deterministische Quadratur)	$I = \hat{Q}M$ mit $\hat{Q}^2 = -\mathbb{1}$ (Realisierung: $\mathcal{H}$); äquivalent $R \equiv 0, \delta = 0$, exakte O2-Signatur	M ($\hat{Q}$ fix)	Spezialfall ohne Eigeninformation: I trägt keine Information über M hinaus. Legitim ausschließlich als Mess-/Rekonstruktionsschicht (D5) und als Signatur-Grenzfall der Ebene B2. Keine Zustandsdefinition
Stufe 2 (Phasenwahl)	I_δ deterministisch aus M bei Phasenlage $\pi/2 \pm \delta$; auf Dynamikebene Kopplungsphase $\varphi_{ij} \neq 0$	M, δ, φ_{ij}	Signatur- und Dynamikerweiterung <i>innerhalb</i> der deterministischen Klasse: Hybridität, Frustration — aber I bleibt aus M ableitbar
Stufe 3 (volle Theorie)	keine: I unabhängiger reeller Freiheitsgrad; partielle Kopplung $\kappa(\theta, B, T)$; Rekonstruktion mit Restterm $R = R_s + R_e, R_s > 0$	$M, I, \delta, \varphi_{ij}, \kappa, R$	Kanonische Theorie (D1–D5). Enthält die Stufen 0–2 als formale Grenzfälle

3.4 Drei Orthogonalitätsbegriffe

Der Begriff „orthogonal“ trägt im Programm drei verschiedene Bedeutungen, deren Vermischung Scheinwidersprüche erzeugt hat:

Definition 6 (O1: Darstellungorthogonalität). M und I liegen auf orthogonalen Achsen der komplexen Ebene ($\text{Re} \perp \text{Im}$). Gilt per Konstruktion der Darstellung; empirisch gehaltlos.

Definition 7 (O2: Signalorthogonalität). Als Zeitreihen sind $M(t)$ und $I(t)$ im L^2 -Sinn orthogonal: $\langle M, I \rangle_{L^2} = \int_0^T M(t) I(t) dt = 0$, z. B. für exakte Quadraturpaare. Signaturhypothese der Ebene B2; empirisch prüfbar, typischerweise nur näherungsweise erfüllt; die Abweichung $\langle M, I_\delta \rangle \propto \sin \delta$ ist selbst Messgröße.

Definition 8 (O3: Strukturelle Orthogonalität). Es existiert kein universelles Verfahren, das aus vollständiger Kenntnis der manifesten Form M die latente Struktur I für alle Systeme und Zeitpunkte ableitet: Die Vorwärtsabbildung $f : Z_I \rightarrow Z_M$ ist nicht injektiv.

O1 ist trivial, O2 eine prüfbare Signatur, O3 die erkenntnistheoretisch tragende Aussage; keine impliziert eine andere. Die Orthogonalitätsaussage wird nie für skalare Momentanwerte formuliert — zulässig sind allein O1 (Darstellung) und O2 (L^2 -Innenprodukt über Zeitreihen). O3 ist zudem bewusst schwächer als eine informationstheoretische Entkopplung: Die Forderung $\text{MI}(I; M) = 0$ wäre mit einer nichtkonstanten Vorwärtsabbildung unvereinbar und machte Rekonstruktion sinnlos. An ihre Stelle tritt die **Annahme partieller Kopplung**: Die latente Struktur drückt sich in der manifesten Form aus — in variablem Ausmaß $\kappa = \kappa(\theta, B, T) \in [0, 1]$, hoch in Momenten der Resonanz, niedrig in Verstellung, Routine, Entfremdung (D4).

3.5 Drei Phasengrößen

Ebenso strikt zu trennen sind drei Phasengrößen. Die **globale Rotation** α dreht den Gesamtzustand, $\Psi_\alpha = \Psi e^{i\alpha}$; sie lässt Betrag und Orthogonalität unangetastet und ist bloße Wahl der Phasenreferenz — eine Eichung, empirisch gehaltlos. Die **Quadraturabweichung** δ lebt auf der Signalebene: Weicht das Antistruktursignal von der exakten Quadratur ab,

$$M(t) = \cos(\omega t), \quad I_\delta(t) = \sin(\omega t + \delta), \quad \langle M, I_\delta \rangle_{L^2} \propto \sin \delta, \quad (3.6)$$

entsteht funktionale Nicht-Orthogonalität, und δ ist als systematischer Phasenverzug messbar; δ misst die *Hybridität eines Prozesses* — wie stark manifeste und latente Ebene ineinanderlaufen. Abbildung 5 zeigt die Geometrie dieser Verschiebung auf dem Phasenkreis, Abbildung 6 dieselben Größen im Zeitverlauf: Struktur M und Antistruktur als exaktes Quadraturpaar (90°) bzw. mit freier Phase I_δ — ein hybrider Zwischenzustand zwischen Ordnung und Übergang. Die **Kopplungsphase** φ_{ij} schließlich lebt auf der Dynamikebene (Abschnitt 3.6): Sie misst die Frustration einer *Beziehung*. Der korrekte diffusive Grenzfall der Kopplung ist $\varphi_{ij} = 0$; die 90° -Orthogonalität betrifft die Darstellung $M \perp I$, nicht die Kopplungsphase. Von allen dreien strikt getrennt ist die Zustandsphase θ .

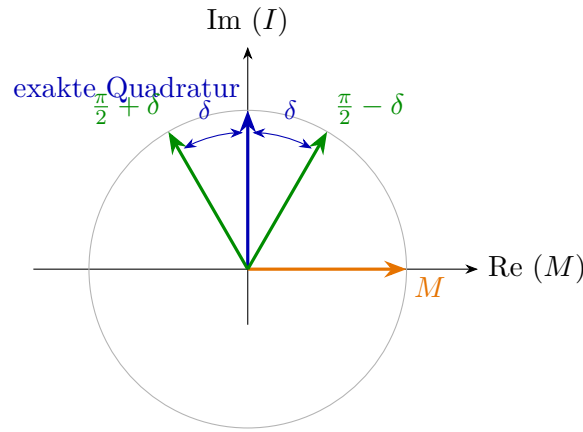


Abbildung 5: Phasenkreis: Struktur M (reelle Achse), exakte Quadratur (blau) und verschobene Lagen $\pi/2 \pm \delta$ (grün). Die Verschiebung δ parametrisiert Übergangsbereiche zwischen Struktur und Antistruktur — die hybriden, liminalen Konstellationen der Signalebene.

Anschauung (illustrierend, nicht begründend). Typische Konstellationen, in denen δ bzw. φ_{ij} greifbar werden: *Kommunikation* — Gesagtes (M) vs. Tonfall, Ironie, Subtext (I); *Rollen- und Statuswechsel* — offizielle Funktion vs. informelle Aushandlung; *Vertrauen/Misstrauen* — formal korrektes Handeln bei latenter Unsicherheit (großes δ trotz stabilem M); *Kunst und Ritual* — symbolische Handlung und kollektive Gefühlslage als eng gekoppeltes Paar. Konflikte erscheinen als „schiefe“ Phasenlagen, Kreativität als produktive Interferenz manifester und latenter Muster.

3.6 Dynamik in Kurzform

Klartext: Wie viele Akteure aneinander koppeln — der *Mechanismus*, aus dem kollektive Ordnung (Konformität, Resonanz) entsteht oder zerfällt. Ordnung ist im Modell kein Zustand, sondern ein Ergebnis der Kopplung vieler Akteure. Jeder Agent i trägt eine Phase $\theta_i(t)$ und eine Eigenfrequenz ω_i ; das Minimalmodell ihrer Interaktion ist das Kuramoto-Modell (Kuramoto 1984; Strogatz 2000; Pikovsky, Rosenblum & Kurths 2001):

$$\dot{\theta}_i = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N a_{ij} \sin(\theta_j - \theta_i), \quad (3.7)$$

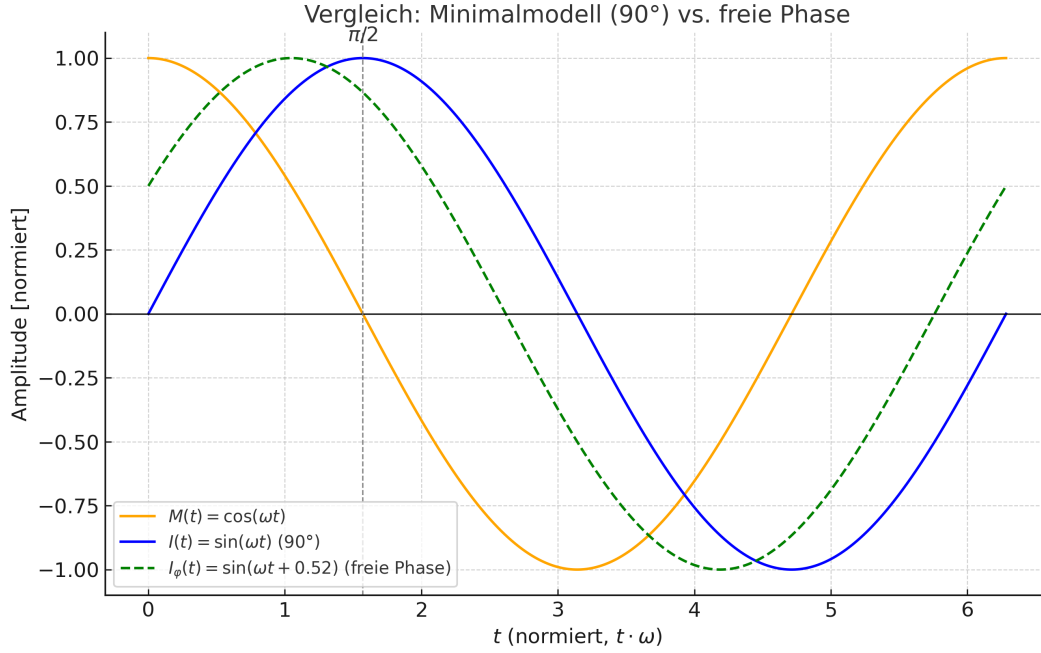


Abbildung 6: Minimalmodell vs. freie Phase im Zeitverlauf: Struktur $M(t) = \cos(\omega t)$ (orange) und Antistruktur als exaktes Quadraturpaar $I(t) = \sin(\omega t)$ (90° , blau; Minimalsignatur O2) bzw. mit freier Phase $I_\delta(t) = \sin(\omega t + \delta)$ (grün gestrichelt; hybride, liminale Konstellation, $\langle M, I_\delta \rangle \propto \sin \delta$ gemäß (3.6)).

mit Kopplungsstärke K und Netzwerkgewichten a_{ij} . Wie geordnet das System ist, sagt das amplitudentragende Mittelfeld; der klassische Ordnungsparameter ist sein Grenzfall konstanter Amplitude:

$$Z(t) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Psi_j(t), \quad r e^{i\Phi} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N e^{i\theta_j}, \quad r \in [0, 1]. \quad (3.8)$$

Hohe r heißen Synchronisation — Konformität, Gleichtakt, kollektive Resonanz; niedrige r heißen Inkohärenz — Pluralität, Dissens, Liminalität. Alle dynamischen Gleichungen sind in normierten Größen formuliert: Ψ ist dimensionslos, die Zeitskala normiert; ω , γ , K , β , χ tragen die Dimension einer inversen Zeit, a_{ij} ist dimensionslos.

Sollen auch die Intensitäten dynamisch sein, tritt die Referenzdynamik des Programms an diese Stelle: ein Netzwerk gekoppelter Stuart–Landau–Oszillatoren (García-Morales & Krischer 2012),

$$\dot{\Psi}_i = (\gamma_i + i\omega_i) \Psi_i - (\beta_i + i\chi_i) |\Psi_i|^2 \Psi_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N a_{ij} e^{-i\varphi_{ij}} (\Psi_j - \Psi_i), \quad (3.9)$$

mit Verstärkung γ_i , Sättigung β_i , Eigenfrequenz ω_i und Scherung χ_i . Die Kopplungsform $e^{-i\varphi_{ij}}(\Psi_j - \Psi_i)$ ist verbindlich: Nur sie liefert in der Phasenreduktion echte Sakaguchi-Frustration; die in früheren Fassungen verwendete Form $(\Psi_j - \Psi_i e^{i\varphi_{ij}})$ erzeugt lediglich eine Frequenzverschiebung. Beide Aussagen sind analytisch hergeleitet und numerisch verifiziert (Herleitung und Numerik im Begleitpaper P2). Für $\varphi_{ij} = 0$ ist die Kopplung rein diffusiv, und die Phasenreduktion von (3.9) liefert exakt (3.7); für $\varphi_{ij} \neq 0$ deren frustrierte Verallgemeinerung — das Kuramoto–Sakaguchi-Modell (Sakaguchi & Kuramoto 1986):

$$\dot{\theta}_i = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N a_{ij} \sin(\theta_j - \theta_i - \varphi_{ij}). \quad (3.10)$$

Frustration ist wörtlich zu nehmen: Für $\varphi_{ij} \neq 0$ ist vollständiger Gleichtakt kein Fixpunkt der Paarwechselwirkung mehr. φ_{ij} misst den Verzug, mit dem der Zustand des einen auf den anderen wirkt — Misstrauen trotz klarer Struktur, Ironie unter dem Gesagten. Aus der Molekularfeld-Analyse ist bekannt, wie teuer diese Frustration ist (Sakaguchi & Kuramoto 1986; Acebrón et al. 2005): Die kritische Kopplungsstärke wächst mit

$$K_c(\varphi) = \frac{K_c(0)}{\cos \varphi}, \quad K_c(0) = \frac{2}{\pi g(0)}, \quad (3.11)$$

wobei g die unimodale Dichte der Eigenfrequenzen ist; (3.11) gilt für den All-to-all-Fall $a_{ij} = 1$ mit einheitlicher Frustration $\varphi_{ij} \equiv \varphi$ — für strukturierte Netzwerke ist die Schwelle topologieabhängig und gesondert zu bestimmen. Frustration erschwert Konformität quantitativ, und damit prüfbar (H1).

Liminalität als Kritikalität. Liminalität ist im Modell kein Ort, sondern ein *Regime*: die Nachbarschaft eines kollektiven Umschlagpunkts. Das Kuramoto-System besitzt bei K_c einen Übergang von Inkohärenz zu partieller Synchronisation (Strogatz 2000), und nahe solcher Übergänge zeigen dynamische Systeme generisch *kritische Signaturen*: erhöhte Varianz und Autokorrelation der Fluktuationen, verlangsamte Erholung von Störungen („critical slowing down“; Scheffer et al. 2009). Genau so deutet das Modell Turners liminale Phase — als Aufenthalt des Kollektivs nahe einem Übergang: niedriger Ordnungsgrad $|Z|$, hohe Suszeptibilität, offene Richtungsentscheidung; daraus folgt eine prüfbare prätransitionale Signatur (H2). Re-Integration ist die Rückkehr freier Phasenlagen in kohärente Zustände. Erweiterungen der Dynamik — insbesondere zustandsabhängige Generatoren ($\dot{\Psi} = \mathcal{L}[\Psi; \Psi]$) — bleiben Ausblick und werden im Begleitpaper P2 behandelt.

4 Ebenenarchitektur und Grundwette

Die Entwicklung des Modells hat wiederholt dieselbe methodische Bewegung vollzogen: Eine konkrete Realisierung, die zunächst als Fundament erschien, wurde als Darstellung, Messung oder Spezialhypothese erkannt und von der generativen Ebene getrennt — die Hilbert-Transformation wanderte von der Ontologie zum Messpfad, Stuart–Landau vom Fundament zur Referenzdynamik, die exakte Quadratur von der Wahrheit zur Signaturhypothese. Der gemeinsame Kern:

Die generative Ebene ist nicht mit ihrer Darstellung, Messung oder konkreten Realisierung zu verwechseln.

Das Modell wird deshalb als geschichtete Architektur formuliert; Abbildung 7 zeigt die fünf Ebenen mit der Markierung der Grundwette, Tabelle 3 benennt Inhalt und Schicht jeder Ebene.

Zuunterst liegt die Annahme einer relevanten zyklischen Struktur (Ebene A). Darauf ruht die eigentliche Wette des Modells: dass Manifestes und Latentes zwei Komponenten dieses Zyklus bilden (Ebene B1). Diese **Grundwette** $A \wedge B1$ ist vor-dynamisch und einzeln falsifizierbar. Die geometrische Signatur (B2) gehört bereits zur *Beobachtungsschicht*: Sie ist nur relativ zu einem deklarierten Beobachtungsmodell interpretierbar, und eine Hilbert-Rekonstruktion erzeugt Quadratur *per Konstruktion*, beweist also nichts über den Mechanismus. Quer zu allen Ebenen verläuft die Trennung von generativer und Beobachtungsschicht: Beobachtung ist das Bild der generativen Dynamik unter einer nicht invertierbaren Observationsabbildung $\mathcal{O}$; Signatur und Mechanismus dürfen nicht identifiziert werden — die Signatur ist *bedingt diagnostisch*, informativ über den Mechanismus nur relativ zu einem erklärten $\mathcal{O}$. Ein Scheitern auf einer höheren Ebene lässt die darunterliegenden intakt.

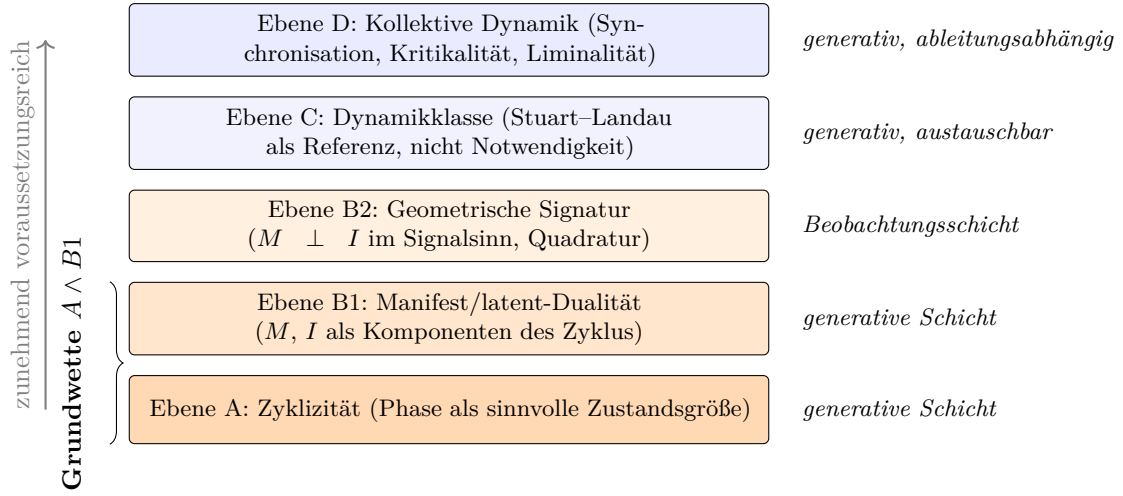


Abbildung 7: Ebenenarchitektur des Resonanzmodells: fünf Ebenen (A, B1, B2, C, D), quer dazu die Trennung von generativer und Beobachtungsschicht. Jede Ebene ist einzeln falsifizierbar; ein Scheitern auf einer höheren Ebene lässt die darunterliegenden intakt. Die geschweifte Klammer markiert die vor-dynamische Grundwette $A \wedge B1$ — den als Ganzes falsifizierbaren Kern des Modells (Schutzklausel gegen die Rückzugskaskade).

Tabelle 3: Die fünf Ebenen der Architektur: Inhalt und Schicht.

Ebene	Inhalt	Schicht
A	Zyklizität: Es gibt eine relevante zyklische Struktur, sodass <i>Phase</i> eine sinnvolle Zustandsgröße ist	generativ — Teil der Grundwette
B1	Manifest/latent-Dualität: M und I bilden zwei Komponenten dieses Zyklus, die gemeinsam eine geschlossene Schleife durchlaufen	generativ — Teil der Grundwette
B2	Geometrische Signatur: Der Zyklus erscheint näherungsweise als Quadraturstruktur ($M \perp I$ im Signalsinn)	Beobachtungsschicht
C	Dynamikklasse: Wahl eines konkreten Vektorfeldes; Stuart–Landau ist Referenz, nicht Notwendigkeit	generativ, austauschbar
D	Kollektive Dynamik vieler gekoppelter Einheiten: Synchronisation, Kritikalität, Liminalität	generativ, ableitungsabhängig

Schutzklausel gegen die Rückzugskaskade. Die Ebenenarchitektur ist eine legitime Modularisierung — sie könnte aber missbraucht werden, um jeden empirischen Fehlschlag auf die jeweils höhere Ebene abzuschieben, ohne dass je der Kern fällt. Dagegen gilt verbindlich: Wer die Kaskade zitiert, zitiert auch die Grundwetten-Klausel. Die Grundwette $A \wedge B1$ ist als Ganzes falsifizierbar — findet sich keine relevante Zyklizität (Ebene A) oder keine Evidenz für den inkrementellen Informationsgehalt der Antistruktur (H5 negativ, Ebene B1), fällt der Kern des Modells, nicht bloß eine Realisierung.

5 Geltungsanspruch: quantum-like, nicht Quantenphysik

5.1 Was behauptet wird — und was nicht

Das Resonanzmodell ist eine *formale Strukturübertragung*, kein physikalischer Reduktionismus. Es behauptet nicht, soziale Prozesse *seien* Schwingungen oder Quantenzustände. Behauptet wird Schwächeres und Prüfbares: dass sich bestimmte soziale Prozessverläufe durch denselben Formalismus beschreiben lassen, der auch gekoppelte Oszillatoren beschreibt — und dass diese Beschreibung empirischen Gehalt hat, weil sie messbare Kennzahlen und falsifizierbare Vorhersagen liefert. Dieses Vorgehen ist in der — so etikettierten — „Sozialphysik“ etabliert (Castellano, Fortunato & Loreto 2009): Nicht die Ontologie wird importiert, sondern die Mathematik. Insbesondere ist Ψ *keine* Wellenfunktion; es gilt kein Born-Postulat, $|\Psi|^2$ ist eine klassische Signalintensität; soziale Prozesse besitzen keine Erhaltungsgrößen; quantentheoretische Erweiterungen gehören nicht zum Kern, solange ihre Grundobjekte für soziale Systeme nicht operationalisiert sind.

5.2 Anschlussfelder

Sechs Anschlussfelder sind maßgeblich. **Quantenkognition:** Das etablierte, empirisch getragene Programm der *quantum cognition* (Pothos & Busemeyer 2022) modelliert Ordnungseffekte, Konjunktionsfehler und Interferenz in Urteilen mit Hilbertraum-Formalismus, ausdrücklich ohne physikalische Quantenmechanik; das Resonanzmodell dockt am methodischen Kern an — freie Phasenlagen und Basisabhängigkeit der Beobachtung — und dies ist sein reifster Anschluss. **Quantum-like social science und verallgemeinerte Quantentheorie:** Haven & Khrennikov (2013) haben die Übertragung quantenformaler Strukturen auf Sozial- und Wirtschaftsphänomene systematisiert; den methodischen „Erlaubnisschein“ für nicht-kommutierende Beobachtungsbasen außerhalb der Physik liefert die *Weak Quantum Theory* (Atmanspacher, Römer & Walach 2002), die Komplementarität und Verschränkung axiomatisch auf nicht-physikalische Systeme verallgemeinert. **Turner-Rezeption und Ritualforschung:** Die Rezeption von Turner (1969) und van Gennep (1909) ist überwiegend qualitativ-interpretativ; eine mathematische Formalisierung der Antistruktur ist dort nicht etabliert — genau diese Lücke adressiert das Programm; die beste empirische Brücke ist die physiologische Synchronie in Ritualen (Konvalinka et al. 2011). **Rosa-Resonanztheorie:** Rosas Resonanzbegriff (2016) gilt als schwer operationalisierbar; das Modell setzt an, indem es Resonanz als Phasen- und Synchronisationsgröße fassbar macht — ein potenziell echter Beitrag, sofern die Operationalisierung nicht metaphorisch bleibt. **Synergetik:** Die Reduktion vieler lokaler Oszillatoren auf einen kollektiven Ordnungsparameter (Ebene D) ist mathematisch die adiabatische Elimination schneller Moden — das Versklavungsprinzip der Synergetik (Haken); hier wird keinerlei Eigenleistung behauptet, Ebene D ist ein direkter Import. **Partielle Identifikation:** Die Einschränkungserkenntnis des Modells — Daten grenzen latente Größen auf Mengen ein, nicht auf Punkte — ist strukturell dasselbe Motiv wie die *partial identification* der Ökonometrie (Manski 2003); dieser Anschluss ist präzise, die epistemologische Deutung ist die interpretative Zutat des Programms. Für das Messprogramm einschlägig

ist zudem die interpersonelle Synchronie-Forschung; die verwendeten Kennzahlen sind über Lachaux et al. (1999) und Marwan et al. (2007) verankert.

5.3 Abgrenzung zu Active Inference

Die riskanteste Nähe besteht zum Programm der *Active Inference* (Friston und Mitarbeiter), das latente Zustände per variationeller Bayes-Inferenz aus Beobachtungen schätzt und explizit auf Multi-Agenten- und soziale Systeme ausgeweitet wird. Der Rekonstruktionsoperator $\mathcal{Q}$ ist formal ein regularisiertes Schätzproblem und insofern derselben Familie zugehörig wie MAP-Schätzung latenter Zustände. Die Differenz liegt nicht im Schätzverfahren, sondern in drei Punkten: (i) Active Inference ist eine *Prozesstheorie* — Agenten minimieren erwartete freie Energie, und die Latenz-Schätzung ist Teil der Handlungserzeugung; das Resonanzmodell ist eine *Beschreibungstheorie* mit expliziter Erkenntnisgrenze: Es behauptet keinen Mechanismus der Inferenz im System selbst, sondern beschreibt, was ein Beobachter über das Latente wissen kann. (ii) Das Kernpostulat $R_s > 0$ hat in der Active Inference kein Gegenstück: Dort ist die Latenz-Schätzung im Prinzip beliebig verbesserbar; hier ist die Nicht-Einholbarkeit selbst Modellaussage mit Falsifikationskante. (iii) Die spezifische Zweikomponentenstruktur — Antistruktur als eigenständiger, phasengekoppelter Freiheitsgrad mit soziologischer Semantik — ist kein Bestandteil des Active-Inference-Apparats. Diese Abgrenzung ist zugleich eine Bringschuld: Sollte sich zeigen, dass $\mathcal{Q}$ nichts leistet, was variationelle Inferenz nicht schon leistet, reduziert sich der Rekonstruktionsteil auf einen Spezialfall — die Differenzbestimmung ist Pflichtbestandteil jeder künftigen empirischen Arbeit.

5.4 Abgrenzung zu Khrennikovs Kontextualitätsprogramm

Ebenso explizit ist die Nähe zu Khrennikovs Programm zu benennen (Haven & Khrennikov 2013 und Folgearbeiten zu offenen Quantensystemen, Kontextualität und kollektiver Kohärenz): Basisabhängigkeit und Nicht-Kommutativität von Beobachtungen — der Gehalt von Hypothese H4 — sind dort bereits ausgearbeitet. Der Eigenanteil des Resonanzmodells liegt nicht in der Nicht-Kommutativität als solcher, sondern in ihrer Verschaltung mit der Struktur/Antistruktur-Semantik und der Rekonstruktionstheorie: Kontexteffekte werden hier als Eigenschaft der *Rekonstruktion latenter sozialer Ordnung* gedeutet, nicht als Eigenschaft von Urteils- oder Entscheidungsprozessen. Ein positiver H4-Befund allein bestätigte daher noch nicht den Eigenanteil des Programms — er wäre auch in Khrennikovs Rahmen erwartbar; unterscheidungskräftig ist erst die Verbindung mit den strukturbezogenen Hypothesen (H2, H5, H2b).

6 Einschränkungserkenntnis: Rekonstruktion und der Restterm

6.1 Das inverse Problem der Antistruktur

Klartext: Beobachten lässt sich nur das Manifeste. Der Schluss auf das Latente ist kein AbleSEN, sondern eine Inferenz — und zwar eine prinzipiell mehrdeutige. Formal: Beobachtung liefert die Projektion $\Pi_M(\Psi) = M$; der Schluss auf I ist die Umkehrung der Vorwärtsabbildung $f : Z_I \rightarrow Z_M$. Da f nicht injektiv ist — verschiedene latente Konfigurationen können dieselbe manifeste Form erzeugen —, ist die Menge der mit einer Beobachtung kompatiblen Konfigurationen

$$S_I(M) = f^{-1}(M) = \{ I \in Z_I \mid f(I) = M \} \quad (6.1)$$

im Allgemeinen mehrwertig: Das Problem ist *schlecht gestellt* im Sinne Hadamards — Existenz, Eindeutigkeit und Stabilität der Lösung sind nicht garantiert (Hadamard 1902; Engl,

Hanke & Neubauer 1996). Diese Mehrdeutigkeit ist keine Unschärfe der Beobachtung, sondern eine Struktureigenschaft. Drei Phänomene, die sonst nur erzählt werden, werden damit formal: *Fragmentierung* — die vorliegende latente Konfiguration ist nicht eindeutig bestimmbar; *Perspektivität* — verschiedene Beobachter rekonstruieren verschiedene Mengen; *Nicht-Totalisierbarkeit* — keine Kombination von Bedingungen reduziert die Menge notwendig auf einen Punkt.

Zwei Informationsquellen verengen die Menge, ohne sie zu schließen: die **Boundary** $B(t)$ — Kontext- und Randinformation, eine vom Rekonstruierenden deklarierte Nebenbedingung, keine Systemeigenschaft — und die **Zeitstruktur** $T(t)$ — die beobachtete Vorgeschichte. Beide induzieren die Verengungskette

$$S_I^{B,T}(M) \subseteq S_I^B(M) \subseteq S_I(M), \quad \nu = 1 - \frac{\text{diam } S_I^{B,T}(M)}{\text{diam } S_I(M)} \in [0, 1], \quad (6.2)$$

mit dem **Einschränkungsgrad** ν als Maß des Rekonstruktionsgewinns (die Definition setzt $0 < \text{diam } S_I(M) < \infty$ voraus). Abbildung 8 zeigt diese randbedingte Verengung als geschachtelte Mengen.

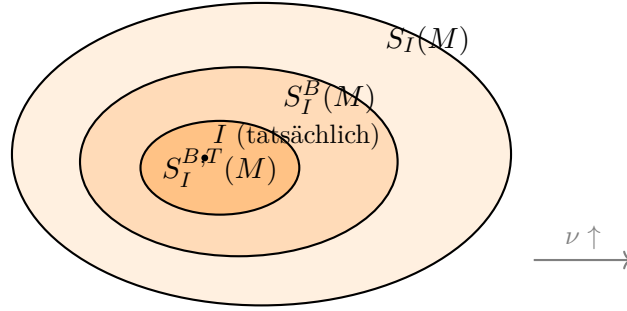


Abbildung 8: Randbedingte Inferenz: Boundary-Information B und Zeitstruktur T verengen die Menge der mit M kompatiblen latenten Konfigurationen gemäß (6.2), reduzieren sie aber nie auf einen Punkt. Der Einschränkungsgrad ν misst den Rekonstruktionsgewinn.

Erkenntnis über Antistruktur ist Einschränkungserkenntnis: Sie sagt, welche latenten Konfigurationen ausgeschlossen sind — nicht, welche vorliegt.

Abgrenzung vom holografischen Prinzip. Die Idee, das Innere eines Systems aus seiner Randinformation zu rekonstruieren, erinnert an das holografische Prinzip der Physik, wonach die Information eines Volumens vollständig auf seinem Rand kodiert ist (Susskind 1995). Die Erinnerung ist als Inspiration zulässig, als Formalisierung wäre sie falsch: Dort ist die Randkodierung vollständig; hier bleibt der Restterm $R_s > 0$ konstitutiv irreduzibel. Das Resonanzmodell ist insofern strukturell *anti-holografisch*; die zutreffende Bezeichnung ist *randbedingte Inferenz*: Der Rand verengt, er kodiert nicht.

6.2 Rekonstruktionsoperator und Restterm

Jede Deutung — Selbstdeutung, Fremdzuschreibung, wissenschaftliche Analyse — ist formal eine Rekonstruktion: eine Auswahl aus der verengten Menge, $I^*(t) = \mathcal{Q}\{M, B, T\}$ gemäß D3, mit einem Kompatibilitätsfunktional L aus Datenterm, Regularisierung (Persistenz) und Kopplungsterm (bei hoher Kopplung κ stärker datengetrieben, bei niedriger stärker erwartungsgeleitet). $\mathcal{Q}$ ist nichtlinear und nicht invertierbar; sein Ergebnis ist bedingungsrelativ — B und T sind offenzulegen. I^* ist ein ausgezeichnete Repräsentant der Menge $S_I^{B,T}(M)$, nicht die Menge selbst. Innere Zustände werden dabei als *Attraktoren* $A_k \subset Z_I$ modelliert — eingespielte Rollenmuster, stabile Selbstbilder —, getrennt durch Separatrizen Σ_{kl} ; die *epistemische*

Spannung S_t (Abstand vom nächsten stabilen Zustand) und die *Face-Spannung* F_t (Abstand zur Kippgrenze) kennzeichnen zusammen die kritischen, liminalen Episoden und verbinden die Rekonstruktionsebene mit der dynamischen Lesart der Liminalität.

Was auch immer rekonstruiert wird: Etwas bleibt prinzipiell offen. Das ist keine Schwäche der Methode, sondern eine Aussage des Modells über seinen Gegenstand. Es gilt die Rekonstruktionsgleichung

$$I(t) = \mathcal{Q}\{M(t), B(t), T(t)\} + R(t), \quad R = R_s + R_e, \quad (6.3)$$

mit dem *epistemischen* Restterm R_e — der praktischen Grenze der jeweiligen Deutung, reduzierbar durch längere Beobachtung, besseres Kontextwissen, höhere Kopplung ($\|R_e\| \leq C(1 - \kappa)\|I\|$) — und dem *strukturellen* Restterm R_s : der prinzipiellen Nicht-Einholbarkeit des Latenten, irreduzibel. $R_s > 0$ ist ein strukturelles Postulat mit klarer empirischer Kante: Gelänge irgendeinem Verfahren die vollständige Bestimmung von I aus M , wäre das Modell falsifiziert. Philosophisch formalisiert R_s eine Einsicht, die von der Phänomenologie bis zur Systemtheorie reicht: Das Sein erschöpft sich nicht in seinen Erscheinungen, das System nicht in seiner Kommunikation (Luhmann 1984).

Anwendungsperspektive (Skizze). Am Beispiel Identität zeigt sich die Tragweite: Essentialismus und Konstruktivismus teilen, aus entgegengesetzten Richtungen, die Annahme vollständiger Bestimmbarkeit — formal $R_s = 0$. Das Resonanzmodell besetzt eine dritte Position, nicht als Synthese, sondern als Zurückweisung der geteilten Annahme: $R_s > 0$ — auch die Selbstdeutung holt das eigene Latente nicht ein. Die Ausarbeitung dieses Anwendungsfelds ist nicht Gegenstand dieses Papers.

6.3 Die Abgrenzungsregel: $R > 0$ als Schranke, nicht als Ausrede

Der programmatische Kern der Rekonstruktionstheorie ist zugleich ihre größte Missbrauchsgefahr: Ein unbeschränkter Auffangterm könnte jede Diskrepanz absorbieren, und „Nicht-Messbarkeit“ könnte rhetorisch in Evidenz umgemünzt werden. Die kanonische Fassung baut dagegen drei Sicherungen ein: Der Restterm ist zerlegt ($R = R_s + R_e$ mit beschränktem R_e), an den messbaren Einschränkungsggrad ν gekoppelt und mit einer einseitigen Falsifikationssklausel versehen ($R_s = 0$ nachweisbar $\Rightarrow$ Rekonstruktionstheorie falsch). Dass $R_s > 0$ nur einseitig falsifizierbar ist, wird nicht verschwiegen, sondern als strukturelles Postulat deklariert — akzeptabel genau so lange, wie die folgende Regel gilt:

Abgrenzungsregel (verbindlich für dieses Paper und alle Folgedokumente). $R > 0$ ist eine **ehrliche Schranke**, wenn — und nur wenn — alle vier Bedingungen erfüllt sind:

1. **Ex ante quantifiziert:** Vor der Datenerhebung wird für das konkrete Setting eine erwartete Rekonstruktionsleistung deklariert (Mindest-Einschränkungsgrad $\nu_{\min}$ bzw. Schranke $\|R_e\| \leq C(1 - \kappa)\|I\|$). „Einschränkungserkenntnis“ heißt: Die Zustandsmenge S_I muss **messbar schrumpfen** ($\nu > 0$) — auch die Schranke selbst macht eine prüfbare Vorhersage.
2. **Verbietet weiterhin etwas:** Trotz $R > 0$ bleiben Konfigurationen ausgeschlossen; das Modell mit R darf nicht jede Datenlage abdecken (partielle Identifikation im Sinne Manskis: Schranken statt Punktwerte, aber Schranken, die verletzt werden können).
3. **R -unabhängige Tests bestehen fort:** Mindestens eine Kernhypothese (H2b, H5, H4) referenziert R nicht und kann unabhängig scheitern. $R > 0$ erklärt Rekonstruktionsgrenzen — niemals Hypothesen-Fehlschlüsse.

4. **Kein Post-hoc-Aufruf:** Ein Ergebnis, das erst nach seinem Eintreten mit R (oder „unvollständiger Boundary“, „nicht adressiertem I “, „Restriktion des Messoperators“) erklärt wird, zählt als **Anomalie gegen das Modell**, nicht als Bestätigung der Schranke.

$R > 0$ ist eine **Ausrede**, sobald eine der Bedingungen verletzt ist — insbesondere wenn (a) R unbeschränkt oder „vollständig“ undefiniert bleibt, (b) Nicht-Messbarkeit von I rhetorisch in Evidenz für die Kopplung umgemünzt wird, oder (c) die Ebenen-Kaskade so zitiert wird, dass kein möglicher Befund mehr die Grundwette $A \wedge B1$ trifft.

Ausdrücklich gilt darüber hinaus: Begriffe des Modells werden nicht auf Kritiker des Modells angewendet. Eine Theoriefigur, die Ablehnung der Theorie theorieintern als Defizitzustand des Ablehnenden modelliert, wäre selbstversiegelnd; die Analyse eines Streits über das Modell mit den Mitteln des Modells ist Zirkularität und unterbleibt.

7 Falsifizierbare Hypothesen

Der empirische Weg führt in vier Schritten von Daten zu Modellgrößen: Messung reeller Zeitreihen je Akteur oder Gruppe (Interaktions- und Beitragsraten, Sentiment-Verläufe, physiologische und behaviorale Marker; Mehrkanal-Designs erlauben unabhängige Proxies für M und I); Zustandsschätzung (bei Einkanal-Daten der Hilbert-Messpfad D5, bei latenten Strukturen zusätzlich latente Variablenmodelle; Borsboom, Mellenbergh & van Heerden 2003); kollektive Kennzahlen (Mittelfeld Z , Ordnungsgrad r , Phase-Locking Value; Lachaux et al. 1999; rekurrenzbasierte Maße; Marwan et al. 2007); Parameterschätzung (ω_i , δ , φ , K , a_{ij} , ν). Der Messpfad hat Voraussetzungen: Die Einhüllenden- und Phasendeutung des analytischen Signals (Gabor 1946; Boashash 1992) verlangt schmalbandige Signale (Bedrosian 1963); Bandwahl und Beobachtungsmodell sind substanzielle, offenzulegende Entscheidungen.

Alle Hypothesen sind konditional formuliert: Sie benennen, was *bei Vorliegen geeigneter Daten* erwartet wird und welcher Befund das Modell schwächen oder falsifizieren würde. Für keine der Hypothesen liegt bislang ein Datensatz vor; kein hier formulierter Satz ist als Ergebnisbericht zu lesen.

H 1 (Frustration erschwert Konformität). Wenn das Modell zutrifft, ist in Interaktionssystemen mit größerem systematischem Phasenverzug φ bei gleicher Interaktionsdichte der erreichte Ordnungsgrad r geringer; der zur Synchronisation nötige Kopplungsaufwand wächst gemäß (3.11) mit $1/\cos \varphi$. *Prüfbar* in Kleingruppenexperimenten mit manipulierter Ambivalenz. *Falsifiziert*, wenn r von φ unabhängig ist oder die Schwelle nicht mit $1/\cos \varphi$ skaliert.

H 2 (Prätransitoriale Signatur der Liminalität). Wenn das Modell zutrifft, steigen vor strukturellen Übergängen (Rollenwechsel, Reorganisation, Ritualphasen) Varianz und Autokorrelation der manifesten Fluktuationen (critical slowing down; Scheffer et al. 2009), und der relative Antistrukturanteil $\langle I^2 \rangle / \langle |\Psi|^2 \rangle$ nimmt zu, während M noch stabil erscheint; beides geht dem manifesten Bruch zeitlich voraus. *Prüfbar* an Längsschnittdaten organisationaler Übergänge oder ethnografisch begleiteter Rituale. *Falsifiziert*, wenn keine Vorlauf-Signatur auftritt oder die Signatur erst nach dem Bruch erscheint.

H 3 (Intensitätsstabilität). Wenn das Modell zutrifft, ist die integrierende Größe $|\Psi|$ gegenüber Umtaktungen invariant und über Übergangsphasen hinweg stabiler messbar als M oder I einzeln; Reliabilitätsanalysen liefern für $|\Psi|$ systematisch höhere Retest-Werte. *Falsifiziert*, wenn die Retest-Reliabilität von $|\Psi|$ die von M bzw. I nicht übersteigt.

H 4 (Nicht-Kommutativität der Rekonstruktion). Wenn der Ordnungsrahmen des Programms Zusatzgehalt hat, erzeugt die Reihenfolge von Beobachtungs- bzw. Kontextoperationen systematisch verschiedene Rekonstruktionen, messbar als positive Divergenz $D_{JS}(P_{AB} \parallel P_{BA}) > 0$ (Jensen–Shannon-Divergenz der Ergebnisverteilungen). Verschwindet der Reihenfolgeeffekt durchgängig, ist dieser Zusatzgehalt gegenüber kommutativen Messmodellen leer. (Zur eingeschränkten Unterscheidungskraft eines positiven H4-Befunds gegenüber Nachbarprogrammen: Abschnitt 5.4.)

H 5 (Informationsgehalt der Antistruktur). Wenn die Zweikomponentenstruktur real ist, erklären komplexwertige Modelle (3.9)/(3.10) soziale Verlaufsdaten besser als dimensionsgleiche rein reelle Vergleichsmodelle — die Stufe-0-Nullmodelle aus Abschnitt 3.3 — ($\Delta AIC/BIC < 0$), und unabhängig gewonnene I -Proxies tragen inkrementelle Varianzaufklärung ($\Delta R^2 > 0$) über M hinaus bei. Andernfalls ist die Zweikomponentenstruktur (Ebene B1) empirisch leer — und mit ihr fällt die Grundwette.

Unabhängig von den Einzelhypothesen gilt: Findet sich keine relevante Zyklizität (Ebene A) oder keine Evidenz für die Dualität (H5 negativ, Ebene B1), fällt die Grundwette. Erreicht ein Verfahren $R_s = 0$, ist die Rekonstruktionstheorie falsifiziert.

Die designierte riskante Vorhersage: H2b. Aus dem Hypothesenbestand wird eine Vorhersage als *die* präregistrierbare riskante Vorhersage im Popperschen Sinn designiert:

H2b (Kanalkonvergenz von Signal- I und narrativem Imaginärindex). Der aus Biosignalen der Performer rekonstruierte Imaginärteil $|I|(t)$ korreliert positiv (präregistriert: $r > 0$, einseitig, $\alpha = .05$, mit Äquivalenztest für den Nullfall) mit dem unabhängig erhobenen narrativen Imaginärindex $N_I(t)$ aus zeitgestempelten Publikums-Fragmenten — über mindestens k präregistrierte Aufführungen mit vorab fixiertem Frequenzband, fixiertem Zeitfenster, fixiertem Lag-Bereich und fixierter Embedding-Pipeline.

Warum gerade diese Vorhersage riskant ist: H2b ist die einzige Operationalisierung des Bestands, in der I **nicht** aus demselben Signal berechnet wird, an dem es geprüft wird — Signalfad (Physiologie) und narrativer Pfad (Publikumstexte) sind konstruktiv unabhängige, nicht zirkulär auseinander abgeleitete Kanäle. Es gibt keinen konstruktionsbedingten Grund, dass sie konvergieren; ein Nullresultat ist realistisch und würde die Ebene B1 treffen. Die Anti-Immunisierungs-Fixierungen sind Teil der Vorhersage: Frequenzband, Fenster, Lag-Bereich und Embedding-Modell werden *vor* der Erhebung eingefroren, Surrogat- und Blockpermutations-Kontrollen sind vorzusehen; die Erhebung setzt ein Ethikvotum voraus. Design, Präregistrierungsplan und Auswertungspipeline entfaltet das Begleitpaper P3.

Simulationsstatus. Die Modellfamilie ist in agentenbasierten Simulationen implementiert (generativer Zustand (M_i, I_i) , Dynamik (3.9)/(3.10), variierbare Kopplungsphase); kollektiv zeigen sich Synchronisation, partielle Kohärenz und frustrationsabhängige Schwellenverschiebungen. Diese Simulationen haben den Status einer Machbarkeits- und Konsistenzdemonstration — sie sind keine Empirie und werden nirgends als Bestätigung geführt.

8 Einordnung in den Forschungsstand

Dieser Abschnitt verortet das Programm im Forschungsstand und grenzt den eigenen Beitrag von den übernommenen Grundlagen ab. Die *mathematischen Bausteine* sind Stand der jeweiligen Disziplinen und werden als solche zitiert: die Hilbert-Transformation und das analytische Signal (Gabor 1946), die Quadratur- und Instantanphasen-Analyse (Boashash 1992), der Kuramoto–Sakaguchi-Formalismus samt Ordnungsparameter (Kuramoto 1984; Sakaguchi & Kuramoto 1986) und dessen Mean-Field-Reduktion, der Hilbertraum-Apparat der Quantenkognition (Pothos & Busemeyer 2022), die partielle Identifikation (Manski 2003), die

Schätzung latenter Variablen (Borsboom, Mellenbergh & van Heerden 2003). Jeder einzelne Baustein ist geliehen. Die Frage ist ausschließlich, ob die **Verschaltung** etwas leistet, das bei keinem der Bezugsautoren steht.

Kandidat 1 — Antistruktur als phasengekoppelter latenter Freiheitsgrad. *Plausibel als Eigenleistung.* In der Ritualtheorie fasst niemand die Antistruktur als phasengekoppelte Signalkomponente eines gemeinsamen Zustands, deren Quadraturform als prüfbare Signatur auftritt. Das ist ein genuiner Übersetzungsschritt — aber die Eigenleistung ist die *Formalisierung eines Vokabulars*, nicht eine neue Mathematik; ein ontologischer Anspruch der Quadraturgeometrie wird nicht erhoben. Der naheliegende Einwand, $\Psi = M + iI$ sei nur elegante Buchhaltung für zwei reelle Variablen, wird nicht rhetorisch beantwortet, sondern ist zum Prüfkriterium gemacht: Der Stufen- und Modellvergleich (H_5 , $\Delta AIC/BIC$ gegen $\mathfrak{M}_0$ – $\mathfrak{M}_2$) misst, ob die komplexe Dynamik out-of-sample Mehrleistung erbringt; ohne sie fällt das Programm auf die einfachere Modellklasse zurück.

Kandidat 2 — Ebenenarchitektur mit ebenenweiser Falsifizierbarkeit und Grundwette. *Stärkster Eigenleistungskandidat.* Die gestufte Konstruktion ($A \rightarrow B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow C \rightarrow D$), bei der jede Ebene einzeln falsifizierbar ist und die Grundwette $A \wedge B_1$ den prüfbaren Kern markiert, ist eine methodologische Bauform, die in dieser Gestalt weder bei Khrennikov noch in der Active Inference noch in der Synergetik vorliegt. Das ist weniger ein inhaltlicher als ein wissenschaftstheoretischer Beitrag — und der ehrlichste Teil des Programms, weil er Widerlegbarkeit organisiert, statt Analogien aufzuhäufen.

Kandidat 3 — Verschaltung von Signaltheorie, Synchronisationsdynamik und partieller Identifikation zu einem Rekonstruktionsprogramm. *Eigenleistung als Integration, nicht als Komponente.* Kein Bezugsautor kombiniert die Hilbert/Quadratur-Trennung von Manifestem und Latentem mit der Kuramoto–Sakaguchi-Kopplungsdynamik und der Manski-artigen partiellen Identifikation (irreduzibler Restterm $R_s > 0$) zu einem einzigen Rekonstruktionsoperator für latente soziale Zustände. Der integrative Zuschnitt ist neu; die Teile sind es nicht.

Zwei weitere Kandidaten sind schwächer: Die *reflexive Methodik* (das Beobachtungsmodell als manipulierbare Größe im selben Formalismus) ist eine interessante Konsequenz der Architektur, keine eigenständige Erkenntnis; der Vorschlag, *Kunstinstallationen als präregistrierte Messinstrumente* zu nutzen, ist ein origineller Methodenvorschlag, aber derzeit ein Design ohne vollzogene Erhebung — „operationalisierbarer Vorschlag, empirisch uneingelöst“.

Wo die Nähe zu Bestehendem am größten ist. Die Rangfolge der Risiken: (i) Active-Inference-Latenzrekonstruktion — ohne die Differenzbestimmung aus Abschnitt 5.3 droht der Rekonstruktionsteil, Spezialfall kollektiver variationeller Inferenz zu sein; (ii) Khrennikovs Kontextualitätsprogramm — Nicht-Kommutativität ist dort ausgearbeitet, der Eigenanteil liegt allein in der Verschaltung; (iii) Synergetik — für Ebene D wird gar keine Eigenleistung behauptet. **Fazit:** Die belastbaren Eigenleistungen sind methodologisch, nicht mathematisch — *Architektur-Eigenleistung bei geliehenen Bauteilen.*

9 Grenzen und offene Probleme

Grenzen der Übertragung. Übertragen wird die mathematische Form, nicht die Substanz. Soziale Prozesse besitzen keine Erhaltungsgrößen; Ψ ist keine Wellenfunktion; die Elektrotechnik-Analogie illustriert; die Holografie-Anmutung ist zurückgewiesen. Der Messpfad hat Voraussetzungen: schmalbandige, trendbereinigte, hinreichend stationäre Reihen (Boashash 1992; Bedrosian 1963); Bandwahl und Beobachtungsmodell sind offenzulegende Entscheidungen, und Hilbert-Quadratur belegt keine Signatur. Die Dynamikklassen idealisieren — kontinuierliche, paarweise, additive Kopplung, während soziale Interaktion oft

ereignisförmig, mehrparteilich, adaptiv und reflexiv ist; Erweiterungen sind formulierbar, aber nicht Teil des Minimalprogramms. Schließlich die Interpretationsrisiken: Die Zerlegung in M und I hängt von Phasenreferenz und Frequenzband ab; Momentanwerte von I sind nicht überzuinterpretieren. Robust sind relationale und integrierende Kennzahlen ($|\Psi|$, r , PLV, Frustrationsschätzungen), auf die sich die Hypothesen beschränken.

Offene formale Probleme. Vier Restprobleme sind identifiziert und hier nicht gelöst, sondern ausgewiesen. (i) *Zustandsraum vs. Trajektorienraum*: Die einzige Realisierung der Stufe-1-Restriktion, $\mathcal{H}$, ist ein nichtlokaler, akausaler Operator auf *Trajektorien* (L^2 über die Zeit), während der generative Zustand $\Psi(t)$ punktweise definiert ist; die Schachtelung $\mathfrak{M}_1 \subset \mathfrak{M}_3$ ist damit streng genommen eine Schachtelung von Trajektorienklassen, nicht von Zustandsräumen — „Stufe 1 als Spezialfall“ ist bis zur Festlegung des Trägersraums nur informell begründet. Dies ist der wichtigste offene Punkt des formalen Apparats. (ii) *Unterbestimmtheit der Vorwärtsabbildung f* : Ohne konkrete Funktionalform für mindestens eine Domäne ist Nicht-Injektivität (O3) empirisch schwer von schlechter Messung zu unterscheiden; die Spezifikation von f ist der wichtigste offene Formalisierungsschritt in Richtung Empirie. (iii) *Funktionalform und Messvorschrift von κ ; operationale Trennung R_s/R_e* : Die Form von $\kappa(\theta, B, T)$ ist unbestimmt, die Normierung $\kappa \in [0, 1]$ gesetzt, nicht hergeleitet; und ohne operationale Unterscheidung von „prinzipiell“ (R_s) und „praktisch“ (R_e) ist die Falsifikationsbedingung $R_s = 0$ empirisch nicht scharf — bis zur Spezifikation trägt die Abgrenzungsregel (Abschnitt 6.3) die Beweislast. (iv) *Vektorraum- vs. metrische Struktur*: Z_M , Z_I sind als metrische Räume eingeführt; algebraische Ausdrücke wie $M + iI$ setzen Vektorraumstruktur voraus und gelten in voller Allgemeinheit nur für entsprechend spezifizierte Domänen; wo Innenprodukt- oder Hilbertraum-Struktur benötigt wird (O2), ist dies eine deklarierte Zusatzannahme, deren Rechtfertigung je Domäne aussteht. Offen ist ferner die Belegvervollständigung der Anschlussfelder (präzise Einzelreferenzen zu Active Inference, Synergetik und den neueren Kontextualitätsarbeiten).

Empiriestatus. Das Modell basiert auf Erfahrung und beobachtender Empirie der Feldpraxis; Beobachtung ist auch Messung, und diese Messform ist vollzogen — ihre systematische Auswertung ist im Gang. Die *instrumentelle* Messung ist die Erweiterung, nicht die Basis. Für die quantitativen Hypothesen des Abschnitts 7 gilt zum Stand 02.08.2026 ohne Einschränkung: Es existiert für keine einzige eine vollzogene instrumentelle Messung mit realen Daten. Die vorhandene Infrastruktur besteht aus vollzogener künstlerischer Praxis (Feldzugang, keine Messung), gebauter Software (intern getestet, ohne Publikumsbetrieb), spezifizierten, teils präregistrierungsreifen Erhebungsdesigns sowie Simulationen mit Demonstrationsstatus; synthetische Testdaten sind als synthetisch deklariert und besitzen keinerlei Empiriewert. Aussagen dieses Papers über die Genese des Programms sind, soweit nicht durch Fremddokumente belegt, Selbstauskünfte des Autors und werden als solche geführt.

Der Wert des Modells entscheidet sich an empirischer Bewährung, nicht an der Eleganz seiner Analogien. Der nächste Schritt ist benannt und designiert: die präregistrierte Prüfung von H2b (Begleitpaper P3).

Literatur

- Acebrón, J. A., Bonilla, L. L., Pérez Vicente, C. J., Ritort, F. & Spigler, R. (2005). The Kuramoto model: A simple paradigm for synchronization phenomena. *Reviews of Modern Physics* 77, 137–185.
- Atmanspacher, H., Römer, H. & Walach, H. (2002). Weak Quantum Theory: Complementarity and Entanglement in Physics and Beyond. *Foundations of Physics* 32(3), 379–406.

- Bedrosian, E. (1963). A product theorem for Hilbert transforms. *Proceedings of the IEEE* 51, 868–869.
- Boashash, B. (1992). Estimating and interpreting the instantaneous frequency of a signal — Part 1: Fundamentals. *Proceedings of the IEEE* 80, 520–538.
- Borsboom, D., Mellenbergh, G. J. & van Heerden, J. (2003). The theoretical status of latent variables. *Psychological Review* 110, 203–219.
- Castellano, C., Fortunato, S. & Loreto, V. (2009). Statistical physics of social dynamics. *Reviews of Modern Physics* 81, 591–646.
- Engl, H. W., Hanke, M. & Neubauer, A. (1996). *Regularization of Inverse Problems*. Dordrecht: Kluwer.
- Gabor, D. (1946). Theory of communication. *Journal of the Institution of Electrical Engineers* 93, 429–457.
- García-Morales, V. & Krischer, K. (2012). The complex Ginzburg–Landau equation: an introduction. *Contemporary Physics* 53, 79–95.
- Hadamard, J. (1902). Sur les problèmes aux dérivées partielles et leur signification physique. *Princeton University Bulletin* 13, 49–52.
- Haven, E. & Khrennikov, A. (2013). *Quantum Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Konvalinka, I., Xygalatas, D., Bulbulia, J., Schjødt, U., Jegindø, E.-M., Wallot, S., Van Orden, G. & Roepstorff, A. (2011). Synchronized arousal between performers and related spectators in a fire-walking ritual. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(20), 8514–8519.
- Kuramoto, Y. (1984). *Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence*. Berlin: Springer.
- Lachaux, J.-P., Rodriguez, E., Martinerie, J. & Varela, F. J. (1999). Measuring phase synchrony in brain signals. *Human Brain Mapping* 8, 194–208.
- Luhmann, N. (1984). *Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Manski, C. F. (2003). *Partial Identification of Probability Distributions*. New York: Springer.
- Marwan, N., Romano, M. C., Thiel, M. & Kurths, J. (2007). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports* 438, 237–329.
- Pikovsky, A., Rosenblum, M. & Kurths, J. (2001). *Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pothos, E. M. & Busemeyer, J. R. (2022). Quantum Cognition. *Annual Review of Psychology* 73, 749–778.
- Rosa, H. (2016). *Resonanz. Eine Soziologie der Weltbeziehung*. Berlin: Suhrkamp.
- Sakaguchi, H. & Kuramoto, Y. (1986). A soluble active rotator model showing phase transitions via mutual entrainment. *Progress of Theoretical Physics* 76, 576–581.
- Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W. A., Brovkin, V., Carpenter, S. R., Dakos, V., Held, H., van Nes, E. H., Rietkerk, M. & Sugihara, G. (2009). Early-warning signals for critical transitions. *Nature* 461, 53–59.
- Simmel, G. (1908). *Soziologie. Untersuchungen über die Formen der Vergesellschaftung*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Strogatz, S. H. (2000). From Kuramoto to Crawford: exploring the onset of synchronization in populations of coupled oscillators. *Physica D* 143, 1–20.
- Susskind, L. (1995). The world as a hologram. *Journal of Mathematical Physics* 36, 6377–6396.

Turner, V. (1969). *The Ritual Process: Structure and Anti-Structure*. Chicago: Aldine.
van Gennep, A. (1909). *Les rites de passage*. Paris: Émile Nourry.

Erklärung

Dieses Paper ist in iterativer Zusammenarbeit mit großen Sprachmodellen entstanden; die Modelle wurden als wissenschaftliche Mitarbeiter für Ausarbeitung, Strukturierung und Formulierung eingesetzt, nicht als Autoren. Forschungsarchitektur, Begriffe, Definitionen und alle theoretischen Entscheidungen liegen beim Verfasser, der die alleinige inhaltliche Verantwortung trägt und jede Formel, Literaturangabe und empirische Aussage geprüft hat. Diese Fassung ist das Ergebnis einer dokumentierten Konsolidierung und Prüfung des Werkarchivs (Konsolidierungsdossier, 08/2026); Langfassung: Kern-Grundlegung ebd. Aussagen über die Genese des Programms sind, soweit nicht durch Fremddokumente belegt, als Selbstauskünfte des Autors gekennzeichnet. Das Paper beansprucht keinen Peer-Review-Status und keine institutionelle Affiliation; es enthält kein Material über identifizierbare Dritte.