MEHR-QUADRANTEN-MODELL

Das Mehr-Quadranten-Modell in der Unternehmenspraxis

Ein aktivitätsorientierter Rahmen für integrierte Steuerung, Risiko, Nachhaltigkeit und Digitalisierung

Beitrag zu einem Management-Handbuch

Praxisfelder: Strategie, Produktion, Logistik, Kreislaufwirtschaft, Energie, Risiko, IT, Embedded Systems und KI-Governance

PDF-Fassung: 22. Oktober 2026

Erstellt ausschließlich auf Grundlage der im Projekt bereitgestellten M-Q-M-Unterlagen und des daraus entwickelten Artikels.

Kurzfassung

Unternehmen steuern Ziele, Ressourcen, Prozesse, Bestände, Risiken und Wirkungen häufig mit unterschiedlichen Fachmodellen. Strategische Planung, operative Prozesssteuerung, Kostenrechnung, Risikomanagement, Qualitätsmanagement, Nachhaltigkeitssteuerung und Digitalisierung greifen dadurch nicht immer auf dieselben Systemgrenzen, Begriffe und Ursache-Wirkungs-Beziehungen zurück. Das Mehr-Quadranten-Modell, kurz M-Q-M, setzt an dieser Fragmentierung an. Es beschreibt Unternehmen und ihre Teile nicht primär als Ansammlungen von Objekten, sondern als Aktivitäten beziehungsweise Aktivitätenbündel.

Der Kern des Modells verbindet vier Perspektiven: Identität und Ziele in Q3, Ressourcen und Flüsse in Q2, Transformation und Regelung in Q1 sowie Ergebnisse, Bestände und Wirkungen in Q4. Damit entsteht ein Ordnungsrahmen, in dem strategische Zielsetzungen, operative Machbarkeit, Regeln und Entscheidungen sowie wirtschaftliche, ökologische und qualitative Wirkungen gemeinsam betrachtet werden können. Ergänzt wird diese Struktur durch unterschiedliche Zeitdimensionen, Systemhierarchien, Rückkopplungen und eine historische Entwicklungsperspektive.

Der vorliegende Beitrag erläutert praktische Anwendungsmöglichkeiten des M-Q-M in Industrie, Logistik, Kreislaufwirtschaft, Energie- und Nachhaltigkeitsmanagement, Finanz- und Risikomanagement, IT, eingebetteten Systemen und KI-gestützten Entscheidungsarchitekturen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Einsatz als Diagnoseinstrument, als semantische Grundlage für Digital Twins und Simulationen sowie als Verbindungsschicht zu Petri-Netzen und Process Mining. Der Beitrag unterscheidet dabei zwischen dokumentierten Anwendungen, Architekturentwürfen und noch zu validierenden Forschungshypothesen.

Schlüsselbegriffe: *Mehr-Quadranten-Modell, M-Q-M, aktivitätsorientiertes Management, Unternehmenssteuerung, Risikomanagement, Digital Twin, Process Mining, Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, Simulation*

Quellen- und Reifegrad-Hinweis

Die M-Q-M-Kernsemantik und die aktivitätsbasierte Managementlogik sind in den Projektunterlagen dokumentiert. Mathematische Formalisierung, Digital-Twin-Architekturen und agentische Anwendungen besitzen unterschiedliche Reifegrade.

Eine abgeschlossene, unabhängig replizierte Gesamtvalidierung mit standardisiertem Benchmark ist in den bereitgestellten Materialien nicht beschrieben.

Inhaltsübersicht

1. Ausgangsproblem: Getrennte Managementperspektiven
2. Der M-Q-M-Kern in der Sprache des Managements
3. Managementaufgaben, die durch das M-Q-M unterstützt werden können
4. Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Branchen
5. Ein praxistaugliches Vorgehen zur Einführung
6. Verbindung mit bestehenden Management- und IT-Methoden
7. Organisatorische Voraussetzungen
8. Grenzen und Reifegrad
9. Handlungsempfehlungen für Führungskräfte
10. Fazit

Literatur- und Projektgrundlage

1. Ausgangsproblem: Getrennte Managementperspektiven

In der Unternehmenspraxis werden dieselben Aktivitäten aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Die Produktionsplanung fragt nach Mengen und Terminen. Das operative Management betrachtet Durchsatz, Kapazitäten und Störungen. Das Controlling analysiert Kosten und Ergebnisse. Das Risikomanagement bewertet Unsicherheiten. Das Nachhaltigkeitsmanagement erhebt Energieverbräuche, Emissionen und Kreislaufwirkungen. Die IT dokumentiert Datenflüsse und Systemzustände.

Diese Perspektiven sind jeweils notwendig. Problematisch wird ihre Trennung, wenn beispielsweise:

strategische Zielgrößen nicht mit den realen Ressourcenbedingungen verbunden sind,
Prozesse effizienter werden, ihre negativen Wirkungen aber zunehmen,
Energie- oder CO2-Ziele neben und nicht innerhalb der Produktionssteuerung stehen,
Risiken in Registern dokumentiert werden, ohne ihren Ursprung in konkreten Aktivitäten abzubilden,
Digital Twins technische Zustände erfassen, aber Ziel-, Regel- und Wirkungskontext nicht ausreichend enthalten,
Kennzahlen zwar verfügbar sind, ihre systemische Bedeutung jedoch unklar bleibt.

Das M-Q-M soll diese Perspektiven nicht durch ein einziges Fachmodell ersetzen. Es stellt vielmehr einen gemeinsamen semantischen Rahmen bereit, in den spezialisierte Verfahren eingeordnet werden können. Sein Anspruch ist, Zweck, Ressourcen, Regeln, Ergebnisse und historische Entwicklung einer Aktivität in einem konsistenten Systemzusammenhang abzubilden.

Der Ausgangspunkt ist die Aktivität. Ein Lager wird damit nicht nur als Gebäude oder Bestand verstanden, sondern als Aktivitätenbündel aus Wareneingang, Einlagerung, Bestandshaltung, Kommissionierung, Steuerung, Energieverbrauch, Entnahme und Übergabe. Eine Produktionslinie ist nicht lediglich eine Menge von Maschinen, sondern eine gekoppelte Struktur aus Planung, Material- und Energiefluss, Transformationsregeln, Entscheidungen, Ergebnissen, Puffern und Wirkungen. Auch ein IT-Dienst, ein Transport, eine Wartungsleistung oder ein KI-Agent kann auf diese Weise beschrieben werden. [1][2]

2. Der M-Q-M-Kern in der Sprache des Managements

2.1 Die vier Perspektiven

Der Vier-Quadranten-Kern kann für das Management als Folge von vier Leitfragen gelesen werden:

Quadrant	Managementperspektive	Leitfrage	Typische Inhalte
Q3	Identität, Zweck und Plan	Warum existiert die Aktivität, und was soll sie erreichen?	Strategie, Auftrag, Ziele, KPIs, Budget, Prioritäten, Planungshorizont, Zielkonflikte, Zukunftsstufen
Q2	Ressourcen, Inputs und Flüsse	Was fließt, wird eingesetzt oder verbraucht?	Material, Energie, Daten, Informationen, Personalzeit, Aufträge, Mengen, Kapazitäten, Durchsatz
Q1	Transformation und Regelung	Wie werden Inputs in Ergebnisse überführt?	Prozesse, Verfahren, Regeln, Schwellenwerte, SOPs, Algorithmen, Entscheidungen, Verluste, Ausnahmen
Q4	Ergebnisse, Bestände und Wirkungen	Was entsteht, verbleibt oder wirkt?	Produkte, Leistungen, Qualität, Bestände, Puffer, Emissionen, Risiken, Nebenprodukte, positive und negative Wirkungen

Der Managementnutzen entsteht nicht aus der isolierten Bearbeitung der Quadranten, sondern aus ihrer Kopplung. Ein ambitioniertes Ziel in Q3 bleibt wirkungslos, wenn die erforderlichen Ressourcen in Q2 fehlen. Hoher Ressourceneinsatz in Q2 ist nicht automatisch produktiv, wenn die Regeln und Verfahren in Q1 ungeeignet sind. Ein hoher Output in Q4 ist nicht zwingend erfolgreich, wenn Qualität, Emissionen, Sicherheitsrisiken oder Bestandsaufbau den Zielsetzungen aus Q3 widersprechen.

Das Modell zwingt daher dazu, Effizienz und Effektivität gemeinsam zu betrachten: Werden die Dinge richtig getan, und werden die richtigen Dinge getan? Diese Verbindung wurde bereits in der aktivitätenbasierten Risiko- und Unternehmenssteuerung als Brücke zwischen Prozess- und Portfolioperspektive angelegt. [3]

2.2 Hauptwirkung und Rückkopplung

Die korrigierte allgemeine Wirkungsfolge des Simulationsmodells lautet:

> **Hauptwirkung**
> Q3 → Q2 → Q1 → Q4 → Q3

1. Q3 setzt Zielbild, Prioritäten und Plan.
2. Q2 stellt Ressourcen und Flüsse bereit.
3. Q1 verarbeitet, entscheidet und regelt.
4. Q4 erzeugt und bewertet Ergebnisse und Wirkungen.
5. Die Ergebnisse fließen in die nächste Planung ein.

Rückkopplungen werden als zeitversetzte Widerstände in der Gegenrichtung betrachtet:

> **Widerstandspfad**
> Q3 → Q4 → Q1 → Q2 → Q3

Ein Zielwert aus Q3 verändert beispielsweise die Bewertung eines Ergebnisses in Q4. Ein Rückstand oder Qualitätsproblem in Q4 führt zu einer Regeländerung in Q1. Eine Energie- oder Wartungsgrenze in Q1 schränkt den Ressourceneinsatz in Q2 ein. Kapazitäts- oder Stabilitätsprobleme in Q2 erzwingen schließlich eine Anpassung des Plans in Q3.

Für das Management ist vor allem die Zeitverzögerung relevant. Probleme wirken nicht immer sofort auf ihre Ursachen zurück. Qualitätsabweichungen werden möglicherweise erst nach einer Prüfung sichtbar. Ein Kapazitätsengpass beeinflusst die nächste Planungsperiode. Reklamationen verändern Prüfregeln erst nach ihrer Auswertung. Das M-Q-M macht solche Verzögerungen zum ausdrücklichen Bestandteil der Steuerung. [6][7]

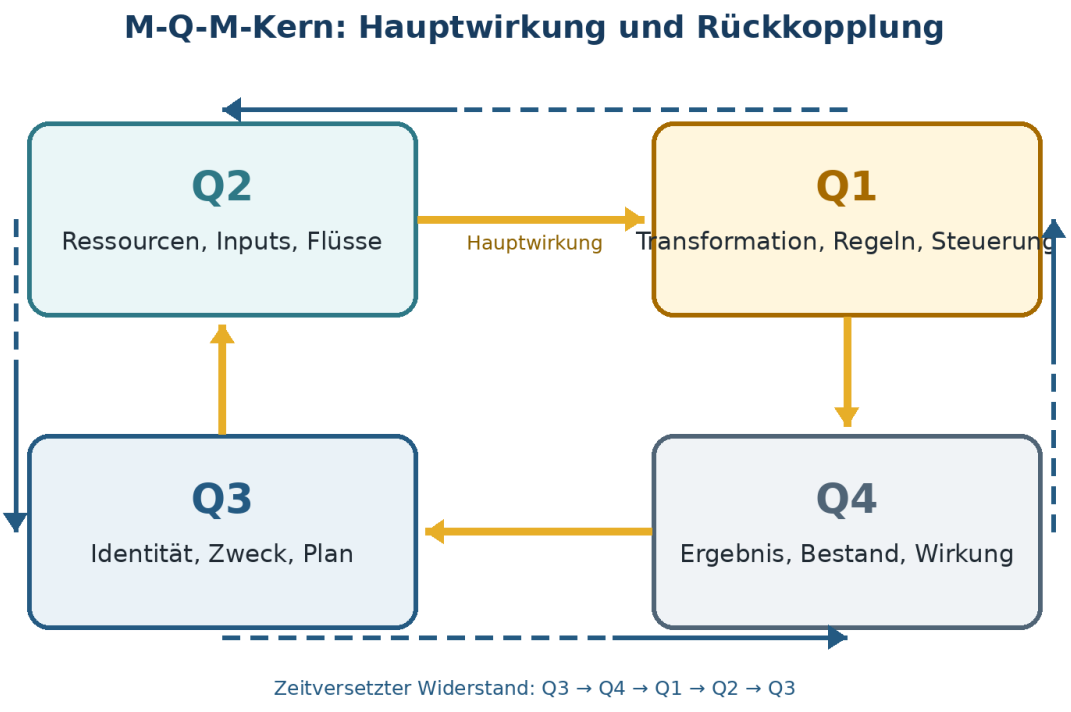


Abbildung 1: M-Q-M-Kern mit Hauptwirkung und zeitversetztem Widerstandspfad

2.3 Systemgrenzen und Hierarchien

Das M-Q-M unterscheidet Hypersystem, System und Subsystem. Eine Fertigungszelle kann Subsystem einer Linie sein, die Linie Teil eines Werkes und das Werk Teil einer Wertschöpfungskette. Dieselbe Aktivität kann je nach Fragestellung auf verschiedenen Ebenen betrachtet werden.

Diese Hierarchie ist für das Management bedeutsam, weil lokale und übergeordnete Ziele nicht identisch sein müssen. Eine Maschine kann ihre Auslastung optimieren und dabei einen Engpass im nachfolgenden System vergrößern. Ein Lager kann seinen Bestand reduzieren und dadurch die Störanfälligkeit einer Lieferkette erhöhen. Eine Abteilung kann ihr Budget einhalten und zugleich negative Folgen für Qualität oder Kundenservice erzeugen.

Zudem sind reale Unternehmen offene Systeme. Material, Energie, Daten, Personal, Kapital und Wissen werden aus der Umgebung aufgenommen; Produkte, Leistungen, Abfälle, Emissionen, Daten und Wirkungen werden an andere Systeme abgegeben. Wärmeverluste, Informationsverluste, ungenutzte Potenziale, externe Risiken und ökologische Wirkungen gehören daher grundsätzlich in die Betrachtung. [1][2]

3. Managementaufgaben, die durch das M-Q-M unterstützt werden können

3.1 Strategieumsetzung

Das M-Q-M konkretisiert Strategie nicht nur durch Zielkennzahlen, sondern durch die Verbindung von Ziel, Ressource, Regel und Wirkung. Eine strategische Vorgabe wie „CO2 reduzieren“, „Lieferfähigkeit erhöhen“ oder „Kreislauffähigkeit verbessern“ wird dadurch in operative Fragen übersetzt:

Welche Aktivitäten tragen zum Ziel bei?

Welche Ressourcen werden benötigt?

Welche Regeln und Entscheidungsgrenzen müssen geändert werden?

Welche Ergebnisse und Nebenwirkungen sind zu messen?

Welche Zielkonflikte treten auf?

Wann und unter welchen Bedingungen ist eine Anpassung notwendig?

Q3 wird damit nicht auf eine abstrakte Vision reduziert. Es bildet den Bewertungsmaßstab, anhand dessen Ergebnisse in Q4 beurteilt und Ressourcen sowie Regeln angepasst werden.

3.2 Risiko- und Chancenmanagement

Die frühen Vorläufer des M-Q-M setzen bei menschlichen Entscheidungen und Aktivitäten an. Risiken und Chancen werden nicht nur Objekten, Konten oder Organisationseinheiten zugeordnet, sondern den Aktivitäten, in denen Entscheidungen getroffen, Ressourcen genutzt und Wirkungen erzeugt werden.

Damit lassen sich insbesondere drei Zusammenhänge darstellen:

1. Prozessrisiko: Eine Aktivität wird nicht zuverlässig, effizient oder regelkonform ausgeführt.
2. Portfoliorisiko: Das Unternehmen verfolgt ungeeignete Produkte, Projekte, Bestände oder Zielsetzungen.
3. Entscheidungsrisiko: Eine konkrete Entscheidung verbindet unzureichende Informationen, ungeeignete Regeln oder falsch gewichtete Ziele.

Die Aktivität dient als Verbindung zwischen Verantwortung, Ressourceneinsatz, Kosten, Risiko und Ergebnis. Das ist insbesondere für Management- und Führungssysteme relevant, die sowohl regelkonformes Handeln als auch Anpassungsfähigkeit und Innovation ermöglichen sollen. Der publizierte Vorläuferbeitrag nennt als mögliche Einsatzbereiche unter anderem die gemeinsame Steuerung von Produktion und Vertrieb sowie ein konsistentes Liquiditäts- und Leistungsmanagement von Vermögensportfolios. [3]

3.3 Nachhaltigkeits- und Wirkungsmanagement

Nachhaltigkeitsgrößen werden im M-Q-M nicht als nachträglicher Bericht neben der operativen Steuerung geführt. Energie, Material, Daten und Personalzeit gehören zu den Flüssen in Q2. Verluste, Grenzwerte und Transformationsentscheidungen werden in Q1 erfasst. Emissionen, Abfälle, Kreislaufpotenziale und externe Wirkungen erscheinen in Q4. Q3 legt fest, wie Kosten-, Qualitäts-, Liefer-, Energie- und CO2-Ziele priorisiert werden.

Dadurch kann beispielsweise sichtbar werden, dass:

höherer Durchsatz einen überproportionalen Energieverbrauch erzeugt,
fehlende Daten zu zusätzlichen Prüfungen und damit zu höheren Verbräuchen führen,
eine Qualitätsgrenze die Wiederverwendungsquote reduziert,
Bestandsabbau Lastspitzen oder Transportaufwand erhöht,
eine CO2-Optimierung mit Lieferzeit- oder Kapazitätszielen konkurriert.

Der Green Digital Energy Twin ist in den Projektunterlagen der zentrale praktische Validierungsfall. Er soll Maschinen-, Prozess-, Lager-, Transport-, Energie-, CO2-, Kosten- und Managementdaten in einem gemeinsamen dynamischen Modell verbinden. [1][2]

3.4 Prozess- und Kapazitätssteuerung

In der dokumentierten virtuellen Produktionszelle werden Planungshorizont, Planmenge und Priorität in Q3, Prozesszeit, verarbeitete Menge und Energieverbrauch in Q2, Taktzeit, Kapazität und Regelungsmodus in Q1 sowie Output, Qualität, Rückstand, Effizienz und Traceability in Q4 abgebildet.

Das eröffnet Anwendungen für:

Kapazitäts- und Schichtplanung,
Engpassanalyse,
Energie- und Lastmanagement,
Reihenfolgeplanung,
Qualitätssteuerung,
Rückstandsmanagement,
Instandhaltungsentscheidungen,
Szenarioanalysen.

Eine beispielhafte Konfliktregel priorisiert einen kritischen Maschinenzustand vor Qualitätsstabilisierung, Energieoptimierung, beschleunigtem Betrieb und Normalbetrieb. Die konkrete Reihenfolge ist kein universeller Standard. Sie zeigt jedoch, wie Managementprioritäten explizit und auditierbar in eine operative Steuerung übersetzt werden können. [6]

3.5 Daten-, Digital-Twin- und Transformationsmanagement

Das M-Q-M ordnet Daten nicht ausschließlich als gespeicherte Bestände ein. Derselbe Wert kann unterschiedliche Rollen besitzen:

als Messwert oder Datenstrom in Q2,
als Parameter, Datentyp oder Regel in Q1,
als Zweck- und Bedeutungsträger in Q3,
als Datei, Datensatz oder Historie in Q4.

Diese Unterscheidung ist für Digital Twins und Datenmanagement praktisch relevant. Eine Zahl erhält ihre Managementbedeutung nicht allein durch ihr Format. Entscheidend ist, ob sie einen Istzustand misst, eine Entscheidung steuert, einen Zielwert verkörpert oder als Ergebnisnachweis gespeichert wird.

Das Modell kann daher eine semantische Schicht über ERP-, MES-, Energie-, Qualitäts-, Prüfstands- und Sensordaten legen. Traceability bedeutet dann nicht nur, einen Vorgang technisch zurückzuverfolgen. Sie verbindet Auftrag, Ressource, Maschine, Regel, Modus, Messwert und Ergebnis miteinander. [1][9]

4. Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Branchen

Die Projektunterlagen enthalten unterschiedliche Reifegrade: publizierte Vorläufer, konkrete Analysebeispiele, Simulationsentwürfe, technische Konzeptstudien und konzeptionelle Erweiterungen. Die folgende Übersicht unterscheidet daher zwischen dokumentierten Fällen und weiterführenden Übertragungsmöglichkeiten.

Branche oder Funktionsfeld	Typische Managementfrage	M-Q-M-Anwendung	Quellenstatus
Industrielle Produktion	Wie lassen sich Menge, Qualität, Energie, Kapazität und Lieferziel gemeinsam steuern?	Kopplung von Produktionsplan, Ressourcenfluss, Maschinenregeln, Output, Rückstand und Wirkung	Simulationsentwurf und Produktionszellendemonstrator

Branche oder Funktionsfeld	Typische Managementfrage	M-Q-M-Anwendung	Quellenstatus
Logistik und Lager	Wie wirken Bestände, Durchsatz, Kapazität, Energie und Übergaben zusammen?	Lager als Aktivitätenbündel; Q4-Bestand eines Systems wird Q2-Input des nächsten	Dokumentierte Test- und Anwendungsfälle
Kreislaufwirtschaft und Remanufacturing	Wie werden Sicherheit, Wiederverwendung, Energie, CO2 und Wirtschaftlichkeit verbunden?	Analyse von Rücklauf, Quarantäne, Prüfung, Remanufacturing, Recycling und Datenqualität	Detaillierter Analyse-Steckbrief
Energieintensive Betriebe	Wie können Energiegrenzen in Planung und Prozessregeln integriert werden?	Energie als Ressourcenfluss, Grenzwert, Verlust und Wirkungsgröße; Green Digital Energy Twin	Zentrales Validierungsfeld
Finanz- und Risikomanagement	Wie werden Prozess- und Portfoliorisiken konsistent verbunden?	Aktivitätenbasierte Zuordnung von Entscheidung, Ressource, Risiko und Ergebnis	Publizierter Vorläufer
IT und digitale Dienste	Wie werden Datenfluss, Code, Bedeutung und Bestand getrennt, aber gekoppelt gesteuert?	Q2-Datenfluss, Q1-Regel und Code, Q3-Zweck, Q4-Datenbestand	Dokumentierte Beispiele und Wissensbasis
Embedded Systems und Automatisierung	Wie können Ziel, Sensorik, Regelung und Wirkung in einer Systemarchitektur abgebildet werden?	Vier funktionale Module für Ziel, I/O, Steuerung und Ergebnis	Architekturvorschlag, kein fertiges Produkt
KI- und Multiagentensysteme	Wie werden Zielkongruenz, Policy, Wahrnehmung und Wirkung eines Agenten nachvollziehbar?	Agent als Aktivitätenbündel aus Q3-Zielmodell, Q2-Input, Q1-Policy und Q4-Wirkung	Konzeptionell und formal im Aufbau

4.1 Industrielle Produktion

In Produktionsunternehmen bietet sich das M-Q-M vor allem für Aktivitäten an, bei denen mehrere Zielgrößen gleichzeitig gesteuert werden müssen. Beispiele sind Fertigungszellen, Montagebereiche, Prüfprozesse oder ganze Linien.

Q3 enthält Produktionsziel, Mengenplan, Termin, Qualitätsniveau, Energie- und Kostengrenzen. Q2 erfasst Material, Aufträge, Energie, Personalzeit und Prozessdaten. Q1 beschreibt Maschinenparameter, Freigaberegeln, Taktzeiten, Rüstlogik und Störungsbehandlung. Q4 umfasst Output, Ausschuss, Rückstand, Bestände, Energieeffizienz und Lieferwirkung.

Der besondere Nutzen liegt in der Darstellung von Zielkonflikten. Eine Erhöhung des Durchsatzes kann Lastspitzen verursachen. Eine Qualitätsstabilisierung kann Taktzeiten verlängern. Ein Energiesparmodus kann die Lieferzeit beeinflussen. Ein Wartungseingriff reduziert kurzfristig den Output, kann aber spätere Ausfälle vermeiden.

Das M-Q-M ersetzt dabei weder Produktionsplanung noch MES oder technische Simulation. Es schafft einen gemeinsamen Entscheidungsrahmen, in dem deren Ergebnisse auf strategische Ziele und Wirkungen bezogen werden.

4.2 Lager, Logistik und Transport

In Logistiksystemen sind Flüsse und Bestände eng gekoppelt. Ein Lager ist Q4-Ergebnis eines vorgelagerten Transports und zugleich Q2-Input einer nachgelagerten Produktion oder Distribution.

Praktische Anwendungsfragen sind:

- Welche Bestände werden aus welchem Grund gehalten?
- Welche Service- oder Sicherheitsziele legitimieren die Puffer?
- Welche Ressourcen und Energieverbräuche entstehen durch Lagerung und Umschlag?
- Welche Regeln lösen Einlagerung, Priorisierung, Kommissionierung und Nachschub aus?
- Wo entstehen Wartezeiten, Medienbrüche oder Kapazitätsengpässe?
- Welche Wirkungen haben Bestandsänderungen auf vor- und nachgelagerte Systeme?

Die Projektunterlagen verwenden Lager-, Regal- und Boxensysteme als konkrete Testfälle für Flüsse, Bestände, Kosten, Engpässe und Transformation. Lagerung wird dabei als zeitliche Überbrückung und als Schnittstelle zwischen Systemen verstanden. [2]

4.3 Kreislaufwirtschaft und Batterieremanufacturing

Der Analyse-Steckbrief zur Demontage-, Prüf- und Remanufacturing-Linie für gebrauchte Lithium-Ionen-Batteriemodule zeigt besonders deutlich, wie das M-Q-M mehrere Managementdimensionen zusammenführt.

Das Zielsystem in Q3 umfasst unter anderem:

sichere und nachvollziehbare Rückführung,
mindestens 70 Prozent Wiederverwendung bis 2028,
einen Energieverbrauch unter 8 kWh je Modul bis 2027,
25 Prozent CO2e-Reduktion je freigegebenem Second-Life-Modul,
98 Prozent vollständige digitale Rückverfolgbarkeit,
keine meldepflichtigen Sicherheitsereignisse.

Q2 enthält eingehende Module, Strom, Druckluft, Lüftung, IT, Personalzeit, Quarantäneflächen, Prüfstände und BMS-Daten. Q1 umfasst Eingangssicherung, Quarantäneentscheidung, Entladung, Demontage, elektrische und thermische Diagnose, Instandsetzung, Endprüfung und Klassifizierung. Q4 erfasst Second-Life-Module, Ersatzteilspender, Recyclingfraktionen, Prüfberichte, Energie- und CO2-Kennzahlen sowie positive und negative Kreislaufwirkungen.

> **Zentrale Managementkopplung des Beispiels**
>
> Datenqualität → Sicherheitsentscheidung → Prozesspfad → Energieverbrauch → CO2-Wirkung → Wirtschaftlichkeit

Damit wird erkennbar, dass Datenqualität kein isoliertes IT-Thema ist. Fehlende BMS- oder Historieninformationen führen zu mehr Quarantäne, zusätzlichen Prüfungen, erhöhtem Energieverbrauch und möglicherweise zu einer vorsorglichen Recyclingentscheidung. Eine Verbesserung der Datenlage kann damit gleichzeitig Sicherheit, Durchsatz, Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

Als kurzfristige Maßnahmen nennt das Beispiel unter anderem bessere Vorabdatenprüfung, digitale Pflichtfelder, ein tägliches Quarantäne-Review, die Bündelung ähnlicher Modultypen, eine energieoptimierte Entlade- und Prüfplanung sowie die schnellere Rückführung von Reklamationen in Prüfregeln. Strukturell werden harmonisierte Datenformate, AAS- beziehungsweise Digital-Twin-Strukturen und eine modulgenaue Energie- und CO2-Bilanzierung vorgeschlagen. [5]

4.4 Energie- und Nachhaltigkeitsmanagement

Energie kann im M-Q-M in mehreren Rollen auftreten:

als laufender Verbrauch in Q2,
als Grenze oder Steuerparameter in Q1,
als strategisches Budget oder Ziel in Q3,
als Effizienz-, Kosten- oder Emissionswirkung in Q4.

Diese Mehrfachrolle ist für energieintensive Unternehmen besonders relevant. Energiekennzahlen werden nicht nur gesammelt, sondern in den Wirkungszusammenhang der Aktivität eingeordnet.

Mögliche Managementanwendungen sind:

Lastspitzenmanagement,
Abstimmung von Produktion und Eigenenergieerzeugung,
Vergleich unterschiedlicher Betriebsmodi,
Bewertung von Standby- und Grundlasten,
Zuordnung von Energie und CO2 zu Produkten oder Aufträgen,
Szenarien für Kapazitäts- und Energiegrenzen,
Integration von Energiezielen in Planungs- und Freigaberegeln.

Im Batteriebeispiel werden Entlade- und Prüfzyklen nach Photovoltaikverfügbarkeit, Lastspitzen und Prüfstandsauslastung geplant. Auf diese Weise wird Energie nicht nur berichtet, sondern zum Bestandteil der operativen Entscheidungslogik.

4.5 Finanz-, Portfolio- und Risikomanagement

Der aktivitätenbasierte Vorläufer des M-Q-M verbindet Prozessrisiko mit Portfoliorisiko. Auf der Prozesseite geht es um die Frage, ob Aktivitäten effizient, regelkonform und zuverlässig ausgeführt werden. Auf der Portfolioseite geht es darum, ob Produkte, Projekte, Ressourcen oder Vermögenspositionen die richtigen sind.

Für Finanz- und Versicherungsunternehmen beziehungsweise für Finanzfunktionen anderer Unternehmen sind daraus Anwendungen ableitbar:

- Verknüpfung von Entscheidungen und Risikoverantwortung,
- Zuordnung von Ressourcen, Kosten und Risiken zu Aktivitäten,
- Verbindung von Liquiditätsflüssen und Vermögensbeständen,
- Analyse von Ertrag, Risiko und strategischem Zweck,
- Dokumentation der Annahmen, Regeln und Konsequenzen einer Entscheidung,
- periodischer Abgleich subjektiver Entscheidungsschätzungen mit Istwerten aus Rechnungswesen und Controlling.

Der besondere Beitrag liegt in der Verbindung von Management und Führung. Entscheidungen werden nicht nur als rechnerische Optimierung, sondern als verantwortete Aktivitäten mit Wirkungen betrachtet. [3]

4.6 IT, Datenmanagement und digitale Dienstleistungen

Für IT- und Datenorganisationen ermöglicht das M-Q-M eine differenzierte Sicht auf digitale Aktivitäten. Bei einem Speichervorgang kann beispielsweise:

- Q3 die Benutzerabsicht und den Nutzungskontext,
- Q1 das Betriebssystem, Dateisystem und die Speicherregel,
- Q2 den laufenden Datenfluss,
- Q4 den gespeicherten Datenbestand

abbilden. Managementpraktisch lässt sich damit unterscheiden, ob ein Problem aus fehlender Bedeutung, ungeeigneter Regel, gestörtem Datenfluss oder mangelhaftem Bestand resultiert. Das ist für Datenqualität, Informationssicherheit, Serviceprozesse und digitale Produktsteuerung von Bedeutung.

Die Projektunterlagen betonen zugleich: Ein Datenspeicher ist nicht automatisch Wissen, und Code ist nicht identisch mit Bedeutung. Für das Management digitaler Unternehmen bedeutet dies, dass technische Verfügbarkeit, fachliche Semantik, Entscheidungsregel und geschäftliche Wirkung getrennt erfasst und anschließend gekoppelt werden müssen. [9]

4.7 Embedded Systems und industrielle Automatisierung

Die Konzeptstudie MQM-EC1 überträgt die M-Q-M-Semantik auf einen Edge-Mikrocontroller beziehungsweise ein System-on-Chip. Dabei werden vier funktionale Bereiche vorgeschlagen:

- Q3 für Identität, Ziele, Prioritäten, Budgets und Betriebsmodi,
- Q2 für Sensorik, I/O sowie Energie- und Datenflüsse,
- Q1 für Regeln, Algorithmen, Zustandsautomaten und Entscheidungen,
- Q4 für Ergebnisse, Speicher, Qualität, Energieverbrauch und Wirkung.

Für Technologie- und Produktmanagement ist weniger der konkrete Chipentwurf als das Architekturprinzip relevant: Ein technisches System soll nicht nur Messwerte verarbeiten, sondern zugleich dokumentieren, welches Ziel galt, welche Ressource verfügbar war, welche Regel angewandt wurde und welche Wirkung entstand.

Die Studie ist ausdrücklich ein Architekturvorschlag. Sie beschreibt weder eine neue Transistorart noch einen fertigen Fertigungsentwurf. Als Entwicklungsweg werden Referenzmodell, FPGA-Demonstrator, Model-, Software- und Hardware-in-the-Loop sowie ein späterer RTL- oder ASIC-Entwurf genannt. [8]

4.8 KI- und Multiagentensysteme

In der agentischen Lesart wird ein Agent als Aktivitätenbündel beschrieben:

- Q3: Ziel-, Welt- oder Selbstmodell,
- Q2: Wahrnehmung und Ressourcenaufnahme,
- Q1: Policy, Entscheidungslogik und Steuerung,
- Q4: Handlungsergebnis und Wirkung.

Eine praktische Managementanwendung liegt in der Governance autonomer oder teilautonomer Systeme. Entscheidungen können danach nicht allein anhand ihrer technischen Ausführbarkeit beurteilt werden. Ebenso relevant sind Zielkongruenz, Ressourcenverbrauch, zulässige Regeln, Ergebnisqualität und externe Wirkung.

Diese Anwendung befindet sich in den Projektunterlagen noch im konzeptionellen und formalen Aufbau. Belastbare Experimente oder ein standardisierter Managementeinsatz sind noch nicht dokumentiert. [1][2]

5. Ein praxistaugliches Vorgehen zur Einführung

Die Unterlagen beschreiben keinen abschließend normierten Einführungsstandard mit verbindlichen Rollen, Zeitvorgaben oder Freigabegremien. Aus Wissensbasis, Fragebogen, Analyse-Steckbrief und Integrationsstudie lässt sich jedoch ein belastbarer Ablauf ableiten.

Phase 1: Eine entscheidungsrelevante Aktivität auswählen

Der Einstieg sollte nicht mit dem gesamten Unternehmen erfolgen. Geeignet ist eine klar abgrenzbare Aktivität, beispielsweise eine Produktionslinie, ein Lagerbereich, eine Transportrelation, eine Recyclingaktivität, ein Energieversorgungsprozess, ein IT- oder Serviceprozess oder eine Wartungs- und Reparaturaktivität.

Die Aktivität sollte erkennbare Inputs, Ressourcen, Regeln, Ergebnisse und Wirkungen besitzen. Der Fragebogenassistent verwendet genau diese Auswahl als Ausgangspunkt der Analyse. [4]

Phase 2: Systemgrenze und Einbettung bestimmen

Zu klären sind Beginn und Ende der Aktivität, enthaltene und ausgeschlossene Prozesse, vorgelagerte Inputsysteme, nachgelagerte Abnehmer, das relevante Hypersystem sowie externe Verluste und Wirkungen.

Diese Abgrenzung verhindert, dass Probleme lediglich zwischen Abteilungen oder Systemen verschoben werden.

Phase 3: Die vier Quadranten erheben

Ein kompakter Managementworkshop kann mit vier Fragen beginnen: Welcher Zweck und welche Ziele gelten? Welche Ressourcen und Flüsse werden eingesetzt? Welche Regeln, Verfahren und Ausnahmen bestimmen die Transformation? Welche Ergebnisse, Bestände und Wirkungen entstehen?

Der Unternehmensfragebogen ergänzt diese Erhebung um Zeitdimensionen, Datenqualität, Schnittstellen, Digital-Twin-Fähigkeit, AAS-Verfügbarkeit, Datenschutz, Kooperationsstrukturen, Risiken und Verbesserungspotenziale. [4]

Phase 4: Zielkonflikte und Widerstände sichtbar machen

Typische Konflikte sind Durchsatz gegen Energieverbrauch, Lieferzeit gegen Qualität, Bestandsreduktion gegen Resilienz, Automatisierung gegen Anpassungsfähigkeit, Wiederverwendung gegen Sicherheitsrisiko und kurzfristige Effizienz gegen langfristige Kreislaufwirkung.

Für jeden Konflikt sind Prioritäten, Eskalationsbedingungen und Rückkehrregeln festzulegen. Diese Regeln sollten fachlich nachvollziehbar und auditierbar sein.

Phase 5: Zeit und Historie ergänzen

Das M-Q-M unterscheidet Dauer und Lebenszyklus, Perioden und Ereigniszeitpunkte sowie historische Entwicklung, Modi und Phasen.

Damit kann das Management untersuchen, wie sich Regeln, Datenqualität, Betriebsmodi, Bestände und Wirkungen über die Zeit verändert haben.

Phase 6: Daten- und Kennzahlenstruktur entwickeln

Für jeden relevanten Wert sollten fachliche Bedeutung, Quadrantenrolle, Typ, Einheit, Quelle, Aktualisierungsrate, Zeitbezug, Datenqualität, Verantwortlichkeit und Verwendungsregel dokumentiert werden.

Besonders wertvoll ist eine relationale Traceability, die Ziel, Auftrag, Ressource, Maschine, Regel, Entscheidung und Ergebnis verbindet.

Phase 7: Szenarien, Simulation und Realvergleich

Vor automatisierten Steuerungen sollten Rückstandsaufbau, Energieüberschreitung, Qualitätsabfall und Kapazitätsausfall getestet werden.

Parameter und Regeln müssen aus realen Daten oder dokumentiertem Expertenwissen kalibriert werden. Ein strukturell plausibles Modell ist noch kein empirisch validiertes Modell. [6]

Phase 8: Systemübergreifende Kopplung

Nach erfolgreicher Pilotierung können Aktivitäten miteinander verbunden werden. Das Q4-Ergebnis eines Systems wird dabei zum Q2-Input eines anderen Systems.

Auf diese Weise lassen sich Wertschöpfungsketten, Kreisläufe und Netzwerke modellieren.

6. Verbindung mit bestehenden Management- und IT-Methoden

Das M-Q-M sollte nicht als Ersatz für etablierte Verfahren eingeführt werden. Seine stärkste Rolle liegt in der semantischen Integration.

Die Projektstudie zu M-Q-M, Petri-Netzen und Process Mining ordnet den drei Ansätzen unterschiedliche Aufgaben zu:

Ansatz	Hauptfunktion
M-Q-M	Semantik, Zielsystem, Governance, Wirkung und Entscheidung
Petri-Netze	Ausführung, Nebenläufigkeit, Ressourcenlogik und formale Verifikation
Process Mining	Beobachtung, Discovery, Konformitätsprüfung und empirische Kalibrierung

Petri-Netze können zeigen, welche diskreten Abläufe möglich, erreichbar oder blockiert sind. Process Mining zeigt, welche Abläufe tatsächlich stattgefunden haben und wie sie vom Modell abweichen. Das M-Q-M ordnet diese Abläufe in Zweck, Ressourcen, Regeln, Ergebnisse und Wirkungen ein.

In einer integrierten Architektur können:

ERP, MES, IoT, Energie- und Qualitätssysteme Ereignis- und Zustandsdaten liefern,
Process Mining Varianten und Abweichungen erkennen,
Petri-Netze Ablauf- und Ressourcenlogik formal prüfen,
das M-Q-M Ziele, Entscheidungskriterien und Wirkungen zusammenführen,
ein Digital Twin Szenarien simulieren,
das Management Prioritäten und zulässige Eingriffe festlegen.

Die Integrationsstudie bewertet eine solche Kombination besonders für Digital Twins und Entscheidungsplattformen als geeignet, in denen Prozessbeschreibung, Simulation, Auditierbarkeit, Energie- und Wirkungsdaten sowie Human-in-the-loop-Entscheidungen gemeinsam benötigt werden. Sie ist jedoch als prüfbare Architekturhypothese und nicht als bereits allgemein validierter Industriestandard einzuordnen. [7]

7. Organisatorische Voraussetzungen

7.1 Aktivitäten statt Abteilungsgrenzen

Das M-Q-M entfaltet seinen Nutzen, wenn Aktivitäten über Funktionsgrenzen hinweg betrachtet werden. Eine Prüfentscheidung kann Datenmanagement, Produktion, Qualität, Energie und Nachhaltigkeit gleichzeitig beeinflussen. Eine rein abteilungsbezogene Modellierung würde diese Kopplung verdecken.

7.2 Verantwortung und Entscheidung sichtbar machen

Der aktivitätenbasierte Ursprung des Modells verbindet Handlungen mit Entscheidungen und Verantwortung. Auch bei automatisierten Prozessen bleibt zu klären:

Wer legt Ziele und Prioritäten fest?
Wer definiert zulässige Regeln?
Wer genehmigt Ausnahmen?
Wer bewertet negative Wirkungen?
Wer ist für Datenqualität und Modelländerungen verantwortlich?

7.3 Konfliktregeln explizit dokumentieren

Ein Managementsystem benötigt Regeln für Situationen, in denen Ziele nicht gleichzeitig erreichbar sind. Sicherheit, Qualität, Energie, Lieferzeit und Kosten müssen nicht immer in derselben Reihenfolge priorisiert werden. Die Priorisierung ist domänenspezifisch zu begründen und zu versionieren.

7.4 Modell und Realität unterscheiden

Die Projektunterlagen betonen, dass Modelle selektive und zweckgebundene Zugänge zur Realität sind. Auch ein umfangreiches M-Q-M bildet nicht automatisch alle relevanten Zusammenhänge ab. Daten, KPIs und Berichte bleiben Ausschnitte. Nichtwissen, Unsicherheit und blinde Flecken sollten deshalb sichtbar gehalten und nicht durch scheinbare mathematische Vollständigkeit verdeckt werden. [2]

8. Grenzen und Reifegrad

Der Quellenbestand weist einen heterogenen Reifegrad auf:

Die aktivitätenbasierte Management- und Risikologik ist publiziert.
Die Q1-Q4-Kernsemantik und die Achsenstruktur sind gut dokumentiert.
Die mathematische Formalisierung ist ein Arbeitsmodell.
Digital-Twin- und Simulationsanwendungen liegen als fortgeschrittene Entwürfe vor.
Der Fragebogen und die Unternehmensanalyse sind operationalisierungsnah.
Agentische und eingebettete Anwendungen befinden sich überwiegend im Konzept- oder Architekturstadium.
Physikalisch-kosmologische Erweiterungen sind vom operativen Managementkern zu trennen.

Eine abgeschlossene, unabhängig replizierte Gesamtvalidierung mit standardisiertem Benchmark ist in den Materialien nicht dokumentiert. Auch die Vorteile gegenüber anderen Management- oder Modellierungsverfahren sind noch nicht anhand identischer Vergleichsfälle empirisch nachgewiesen.

Für die Praxis ergeben sich daraus fünf Konsequenzen:

1. Kein universelles Kennzahlensystem: Jede Domäne benötigt eigene Typen, Einheiten, Regeln und Schwellenwerte.
2. Keine ungeprüfte Formelübernahme: Beispielgleichungen sind Demonstrations- oder Arbeitsmodelle.
3. Keine Gleichsetzung von Modell und Realität: Ergebnisse sind im jeweiligen Geltungsbereich zu interpretieren.
4. Keine rein technische Einführung: Ziele, Verantwortung und Wirkungen müssen Teil der Implementierung sein.
5. Pilotierung vor Skalierung: Nutzen und Grenzen sollten an einer klar abgegrenzten Aktivität geprüft werden.

Der Forschungsstand lässt sich daher als breit ausgearbeiteter, operationalisierungsnaher Ansatz beschreiben, dessen empirische Standardisierung noch aussteht. [1][2]

9. Handlungsempfehlungen für Führungskräfte

Für eine pragmatische Anwendung des M-Q-M lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

1. **Mit einer relevanten Aktivität beginnen.** Nicht das gesamte Unternehmen, sondern eine konkrete Linie, ein Lager, einen Service, eine Transportrelation oder einen Prüfprozess auswählen.
2. **Die Systemgrenze vor den Kennzahlen festlegen.** Erst bestimmen, was zum System gehört und welche externen Wirkungen relevant sind.
3. **Ziele, Flüsse, Regeln und Wirkungen gemeinsam erheben.** Kein Quadrant sollte isoliert optimiert werden.

4. **Einen konkreten Zielkonflikt bearbeiten.** Besonders geeignet sind Fälle, in denen Qualität, Energie, Kapazität, Sicherheit, Kosten oder Lieferzeit konkurrieren.
5. **Daten nicht nur technisch, sondern semantisch klassifizieren.** Klären, ob ein Wert Ziel, Messung, Regel oder Ergebnisbestand ist.
6. **Rückkopplungen und Verzögerungen dokumentieren.** Festhalten, wann ein Problem erkannt wird und wann eine Gegenmaßnahme wirksam wird.
7. **Bestehende Systeme weiterverwenden.** ERP, MES, Qualitäts-, Energie- und Process-Mining-Systeme liefern Daten und Fachlogik; das M-Q-M verbindet ihre Perspektiven.
8. **Entscheidungsregeln auditierbar halten.** Prioritäten, Ausnahmen und Overrides müssen nachvollziehbar sein.
9. **Simulation mit Realdaten vergleichen.** Ein Modell gilt erst dann als belastbar, wenn seine Parameter und Ergebnisse geprüft wurden.
10. **Nach dem Pilot systemübergreifend skalieren.** Ergebnisse eines Systems als Inputs nachgelagerter Systeme modellieren und so Wertschöpfungsketten oder Kreisläufe aufbauen.

10. Fazit

Das M-Q-M bietet dem Management keinen weiteren isolierten Kennzahlenkatalog. Sein praktischer Beitrag liegt in einer gemeinsamen Sprache für vier Fragen: Was soll erreicht werden? Was wird dafür eingesetzt? Wie wird transformiert und entschieden? Was entsteht und wirkt?

Diese Struktur ist branchenübergreifend anschlussfähig. In der Produktion verbindet sie Planung, Kapazität, Energie, Qualität und Output. In Logistik und Lagerwirtschaft koppelt sie Flüsse und Bestände. In der Kreislaufwirtschaft macht sie die Wirkung von Datenqualität auf Sicherheit, Energie, CO2 und Wirtschaftlichkeit sichtbar. Im Risikomanagement verbindet sie Prozess- und Portfolioperspektive. In IT und Digital Twins trennt und koppelt sie Datenfluss, Regel, Bedeutung und Bestand. In eingebetteten und agentischen Systemen bietet sie eine Architektur für Ziel, Wahrnehmung, Entscheidung und Wirkung.

Der Ansatz ist besonders dort vielversprechend, wo lokale Optimierung nicht ausreicht: bei Zielkonflikten, offenen Systemgrenzen, verzögerten Rückkopplungen, heterogenen Daten und mehreren miteinander verbundenen Wirkungsdimensionen. Seine Anwendung sollte zugleich mit methodischer Disziplin erfolgen. Domänenspezifische Regeln, Einheiten und Daten sind zu validieren; konzeptionelle Entwürfe dürfen nicht mit empirisch nachgewiesenen Ergebnissen verwechselt werden.

> **Management-Merksatz**
>
> Das M-Q-M macht sichtbar, ob Strategie, Ressourceneinsatz, operative Regelung und tatsächliche Wirkung noch zum selben System gehören.

Literatur- und Projektgrundlage

[1] M-Q-M-Wissensbasis für systemische Analyse, Modellierung und Simulation. Überarbeitete Dokumentation des Modellkerns, der Methode, Entscheidungsregeln, Beispiele und Reifegrade. Stand 23. Juli 2026.

[2] Vom 4- zum Mehr-Quadranten-Modell (4QM / 4-Q-M / MQM / M-Q-M). PRCSM-Archivauswertung zu Entwicklungslinie, Anwendungen und Forschungsstand. Stand 12. Juni 2026.

[3] Erben, Roland; Fornefett, Andreas; Kessler, Bernhard: Activity-Based Risk Management for Consistency in Management and Leadership. FIRM Jahrbuch 2020.

[4] Beispielnutzung des M-Q-M Fragebogenassistenten V0.3. Operationalisierung einer Unternehmensanalyse am Beispiel einer Batterie-Remanufacturing-Linie.

[5] M-Q-M Analyse-Steckbrief Circular Storage Systems GmbH, Werk Süd. Anwendungsfall einer Demontage-, Prüf- und Remanufacturing-Linie für gebrauchte Lithium-Ionen-Batteriemodule.

[6] Ein typisiertes, rückgekoppeltes Simulationsmodell für das M-Q-M-Modell. Hierarchische Zustände, Kopplungsoperatoren und UML-Architektur. Korrigierte Fassung vom 4. Juli 2026.

[7] Das M-Q-M im Verhältnis zu Petri-Netzen und Process Mining. Korrigierte wissenschaftliche Gesamtfassung, Version 2.0, 27. Juli 2026.

[8] MQM-EC1: Vorschlag für einen M-Q-M-basierten Edge-Mikrocontroller. Konzeptstudie für einen eingebetteten System-on-Chip, 17. August 2026.

[9] M-Q-M - Aktivität „Datenspeicherung“. Projektpräsentation zur systemischen Einordnung von Daten, Information, Regeln, Bedeutung und Bestand.