Verben als Indizes dynamischer Systeme

Ein bewegungs- und aktivitätsbasierter M-Q-M-Ansatz für semantische Datenräume der deutschen Sprache

Konzeption, 80-Verben-Demonstrationskorpus und zeitontologisches Datenmodell

Artikeltyp	Konzeptioneller Forschungsbeitrag mit explorativer Korpusdemonstration
Autorinnen/Autoren	Andreas Fornefett, Anatol Reibold
Affiliation	PRCSM, F&E, Theley, Saarland, Deutschland
Korrespondenz	Andreas Fornefett
Manuskriptversion	1.0 – 22. September 2026
Förderhinweis	Materialbasis eines BMBF-geförderten F&E-Kontexts von PRCSM in Kooperation mit Fraunhofer IESE; Kaiserslautern, Förderkennzeichen 189-720-722/2024-1/2.

Beitragsprofil

Der Beitrag entwickelt keinen vollständigen Wortschatz der deutschen Sprache. Er schlägt vielmehr einen kontextsensitiven, maschinenlesbaren Teildatenraum für Verben als Aktivitäts- und Ereignisindizes vor. Die M-Q-M-Zuordnungen werden als Arbeitsmodell ausgewiesen; sie sind noch nicht durch einen repräsentativen Sprachkorpus oder eine unabhängige Inter-Annotator-Studie validiert.

Manuskriptentwurf zur fachlichen Prüfung und journalspezifischen Anpassung

Zusammenfassung

Das Mehr-Quadranten-Modell (M-Q-M) vollzieht einen Perspektivwechsel von der primären Objektbeschreibung zur Modellierung von Aktivitäten und Aktivitätenbündeln. Der vorliegende Beitrag untersucht, wie dieser bewegungs- und aktivitätsbasierte Ansatz mit der Verbsemantik der deutschen Sprache verbunden werden kann. Ausgangspunkt ist die Unterscheidung zwischen realem Vorkommnis, kontextuell individuiertem Ereignis, sprachlicher Ereignisbeschreibung und technisch codiertem Ereignisdatensatz. Ein Verb wird damit nicht als Ereignis selbst, sondern als sprachlicher Index eines Aktivitäts- oder Ereignistyps verstanden. Methodisch wird eine quellengebundene konzeptionelle Synthese mit einem konstruierten Demonstrationskorpus aus vier Domänen durchgeführt: unternehmerische Tätigkeiten, Logistik, pflanzliche Aktivitäten und physikalische Bewegungen. Die vier Arbeitsmappen umfassen 80 kontextualisierte Datensätze mit 77 verschiedenen deutschen Verblemmata und 320 Quadrantenbeschreibungen. Jeder Datensatz wird in Q3 (Identität, Zweck oder Bewegungsregime), Q2 (Input, Fluss und Ressourcen), Q1 (Transformation, Regeln und Steuerung) sowie Q4 (Ergebnis, Bestand und Wirkung) zerlegt. Die vergleichende Auswertung zeigt erstens, dass die relevante Analyseeinheit nicht das isolierte Lemma, sondern das Lemma im expliziten Systemkontext ist. Zweitens müssen grammatische Tempora – Präsens, Präteritum, Perfekt, Plusquamperfekt, Futur I und Futur II – von den M-Q-M-Zeitdimensionen absolute Dauer, relative Periode und historische Entwicklung getrennt werden. Drittens variiert die Q3-Semantik systematisch zwischen menschlicher Intention, biologischem Funktionszusammenhang und physikalischem Bewegungsregime. Als Ergebnis wird ein minimaler M-Q-M-Verb-Aktivitätsraum vorgeschlagen, der lexikalische Form, Tempus, Modalität, Ereignisstatus, Kontext, Teilnehmerrollen, M-Q-M-Quadranten, Zeitdimensionen, Kopplungen und Provenienz in einem gemeinsamen Datensatz verbindet. Der Beitrag positioniert diesen Raum als Ergänzung zu lexikalisch-semantischen Netzen, Frame-Semantik und temporaler Ereignisannotation. Die Arbeit ist konzeptionell und explorativ; ihre empirische Validierung bleibt Gegenstand weiterer Forschung.

Schlüsselwörter: Mehr-Quadranten-Modell; M-Q-M; Aktivität; Bewegung; Verbsemantik; Ereignisontologie; Tempus; semantischer Datenraum; Wissensgraph; Digital Twin

Abstract

The Multi-Quadrant Model (M-Q-M) shifts the primary unit of systems modelling from objects to activities and bundles of activities. This paper investigates how this movement- and activity-based approach can be connected to the semantics of German verbs. The conceptual starting point is a strict separation between real occurrence, contextually individuated event, linguistic event description, and technically encoded event record. A verb is therefore treated not as the event itself but as a linguistic index of an activity or event type. The method combines a source-bound conceptual synthesis with a constructed demonstration corpus from four domains: corporate activities, logistics, plant activities, and physical motion. The four workbooks contain 80 contextualized records, 77 distinct German verb lemmas, and 320 quadrant descriptions. Each record is decomposed into Q3 (identity, purpose, or motion regime), Q2 (input, flow, and resources), Q1 (transformation, rules, and control), and Q4 (result, stock, and effect). The cross-domain analysis yields three central findings. First, the relevant unit is not the isolated lemma but the lemma-in-explicit-system-context. Second, grammatical tenses must be kept separate from M-Q-M temporal dimensions such as absolute duration, relative period, and historical development. Third, Q3 changes systematically from human intention to biological function and physical motion regime. The paper proposes a minimal M-Q-M verb-activity space that integrates lexical form, tense, modality, event status, context, participant roles, M-Q-M quadrants, temporal dimensions, system couplings, and provenance in a single record. This space complements rather than replaces lexical-semantic networks, frame semantics, and temporal event annotation. The contribution is conceptual and exploratory; corpus-based and inter-annotator validation remain future work.

Keywords: Multi-Quadrant Model; activity; motion; verb semantics; event ontology; tense; semantic data space; knowledge graph; digital twin

1. Einleitung

Daten- und Wissensräume werden häufig von ihren speicherbaren Objekten her gedacht: Zahlen, Zeichenketten, Dokumente, Messwerte, Bilder, Graphknoten oder Dateien. Diese Sicht ist technisch notwendig, reicht jedoch nicht aus, sobald Daten dynamische Systeme beschreiben sollen. Ein Messwert kann Ergebnis einer Beobachtung, Input einer Regelung, Parameter einer Transformation oder Bestand eines Archivs sein. Erst seine Rolle in einem zeitlichen Wirkungszusammenhang bestimmt, was er für ein System bedeutet. Die vorhandenen M-Q-M-Unterlagen setzen genau an dieser Stelle an. Sie behandeln die Aktivität als grundlegende Analyseeinheit und beschreiben Systeme nicht primär als Objektansammlungen, sondern als gekoppelte Aktivitäten oder Aktivitätenbündel (M-Q-M-Wissensbasis, 2026).

Für einen sprachlich erschlossenen Datenraum besitzt diese Aktivitätsorientierung eine unmittelbare Anschlussstelle: Verben. Deutsche Verben bezeichnen Handlungen, Vorgänge, Zustandsänderungen, Prozesse, biologische Funktionen und physikalische Bewegungen. Gleichwohl wäre es ein Kategorienfehler, das Verb mit der realen Aktivität gleichzusetzen. Das Lemma *transportieren* ist ein sprachliches Zeichen; der Satz „Das Fahrzeug transportierte die Sendung“ ist eine Ereignisbeschreibung; der tatsächlich stattgefundene Transport ist ein reales Vorkommnis; ein Datensatz mit Startzeit, Route und Ankunftsstatus ist dessen technische Repräsentation. Die Allgemeine Ontologie der Ereignisse (AOE) trennt diese Ebenen ausdrücklich und macht den Kontext zum Bestandteil der Ereignisindividuation (Allgemeine Ontologie der Ereignisse, 2026).

Der vorliegende Beitrag entwickelt daraus die Idee eines semantischen Verb-Aktivitätsraums. Dieser Raum soll nicht sämtliche Bedeutungen der deutschen Sprache vollständig erfassen. Er fokussiert einen wissenschaftlich und technisch relevanten Ausschnitt: die systemische Bedeutung von Verben, die Aktivitäten oder Bewegungen bezeichnen, sowie deren zeitliche, modale und funktionale Einordnung. Der Ansatz verbindet dabei drei Ebenen, die in vielen Datenmodellen getrennt bleiben: die sprachliche Form des Verbs, die Ereignis- und Prozessstruktur des bezeichneten Geschehens und die M-Q-M-Rolle des Geschehens innerhalb eines dynamischen Systems.

1.1 Forschungsfragen

Die Untersuchung wird durch drei Forschungsfragen geleitet:

1. **F1:** Wie lassen sich deutsche Verben als kontextabhängige Indizes von Aktivitäten und Bewegungen in die vier funktionalen Perspektiven des M-Q-M zerlegen?
2. **F2:** Wie sind grammatische Tempora und M-Q-M-Zeitdimensionen voneinander abzugrenzen und dennoch in einem gemeinsamen semantischen Datensatz zu verbinden?
3. **F3:** Welche minimale Datenstruktur ist erforderlich, um Verbform, Ereignisstatus, Systemkontext, Quadrantenrollen, Zeit, Kopplung und Provenienz maschinenlesbar zu repräsentieren?

1.2 Beitrag und Abgrenzung

Der wissenschaftliche Beitrag besteht in einer konzeptionellen Brücke zwischen Verbsemantik, Ereignisontologie und systemfunktionaler Aktivitätsmodellierung. Die Arbeit schlägt erstens die Einheit *Lemma-im-Kontext* als primäre semantische Analyseeinheit vor. Zweitens wird gezeigt, dass die sechs traditionellen deutschen Tempora eine andere Beschreibungsdimension bilden als absolute, relative und historische Zeit im M-Q-M. Drittens wird ein kanonisches Datensatzschema für einen M-Q-M-Verb-Aktivitätsraum entworfen. Viertens wird der Ansatz an einem konstruierten Korpus von 80 Verbdaten-sätzen aus vier Domänen demonstriert.

Nicht beansprucht werden eine vollständige Theorie der deutschen Verbsemantik, eine abgeschlossene formale Axiomatik des M-Q-M oder ein empirischer Nachweis, dass jede denkbare Aktivität ohne Rest in genau vier Quadranten zerlegt werden kann. Die Projektquellen weisen selbst darauf hin, dass die mathematische Formalisierung als Arbeitsmodell vorliegt und eine unabhängig replizierte Gesamtvalidierung noch aussteht. Die Gleichsetzung von Bewegung, Ereignis und System wird daher im Folgenden als quelleninterne ontologische Hypothese behandelt, nicht als empirisch bestätigtes Naturgesetz.

2. Quellenbasis und wissenschaftliche Einordnung

2.1 Projektinterne Quellenbasis

Die Untersuchung stützt sich auf sieben Quellengruppen. Erstens dient die überarbeitete M-Q-M-Wissensbasis als konsolidierte Darstellung der Aktivitätsorientierung, des Vier-Quadranten-Kerns, der Achsen- und Ebenenstruktur sowie der zyklischen Wirkung. Zweitens konkretisiert der Entwurfsartikel zum Simulationsmodell die Trennung von System, Quadrant und Zustand, heterogene Zustandstypen, Kopplungsoperatoren und zeitversetzte Widerstände. Drittens beschreibt die Arbeitsmappe „Seite 12“ die Achsen, Ebenen, Systemhierarchie und Klassenstruktur. Viertens entwickelt die AOE die Unterscheidung von Vorkommnis, Ereignis, Beschreibung und Datensatz. Fünftens ordnet das Manuskript zu Daten- und

Wissensräumen Struktur-, Dimensions-, semantischen, systemischen und organisationalen Beschreibungsraum als komplementäre Perspektiven ein. Sechstens formuliert das Vortragsskript eine Core Theory Specification und ein kanonisches Vokabular. Siebtens bilden vier Excel-Arbeitsmappen mit jeweils 20 Verben das Demonstrationskorpus.

Die Quellen besitzen unterschiedliche Reifegrade. Die Q1-Q4-Kernsemantik und die Aktivitätsorientierung sind vergleichsweise konsistent dokumentiert. Das Simulationsmodell, die Ereignisontologie und die Core Theory Specification sind fortgeschrittene Entwürfe. Die 80 Verbzerlegungen sind domänenspezifische Übertragungen, keine wörtlichen Quellenexzerpte und kein repräsentativer Sprachkorpus. Diese Reifegradunterschiede werden im Beitrag nicht eingeebnet, sondern ausdrücklich mitgeführt.

2.2 Anschluss an Sprachressourcen und Ereignisannotation

Die vorgeschlagene Modellierung steht neben etablierten sprachwissenschaftlichen und computerlinguistischen Ressourcen. GermaNet organisiert deutsche Lexeme in einem WordNet-artigen lexikalisch-semantischen Netz und wurde in Wordnet-LMF überführt (Henrich & Hinrichs, 2010). FrameNet beschreibt lexikalische Einheiten über semantische Frames und Rollen der am Ereignis beteiligten Elemente (Baker, Fillmore & Lowe, 1998). TimeML und spätere temporale Annotationen fokussieren Ereignisse, Zeitangaben und zeitliche Relationen in Texten (Pustejovsky et al., 2003; Verhagen, 2009). Arbeiten zur sprachlichen Zeit betonen, dass Temporali-tät nicht allein durch Tempus, sondern im Zusammenspiel von Tempus, Aspekt beziehungsweise Aktionsart, lexikalischer Verbsemantik, Temporaladverbialen und Diskursstruktur ausgedrückt wird (Klein, 1994).

Der M-Q-M-Beitrag liegt nicht in der Ersetzung dieser Ressourcen. Er ergänzt sie um eine systemfunktionale Klassifikation: Welchen Zweck oder welches Bewegungsregime besitzt das Geschehen? Welche Ressourcen und Flüsse werden wirksam? Welche Transformationen und Regeln bestimmen den Verlauf? Welche Ergebnisse, Bestände und Wirkungen entstehen? Diese Fragen sind weder eine reine Synonym- oder Hyperonymrelation noch eine bloße Frame-Rollen-Struktur und auch keine ausschließlich temporale Annotation. Sie beziehen das Ereignis auf den Zyklus eines konkreten Systems.

2.3 Ereignisontologischer Hintergrund

Die AOE verbindet Elemente der General Formal Ontology und der Unified Foundational Ontology, ohne eine dieser Ontologien vollständig zu übernehmen. Sie lässt Grenz-, Übergangs- und Verlaufsprofile von Ereignissen nebeneinander zu. Ein kontinuierlicher Prozess kann unabhängig von seiner späteren Segmentierung bestehen; ein Ereignis entsteht erst, wenn ein Vorkommnis in einem expliziten Kontext nach einem Relevanz- oder Abgrenzungskriterium individuiert wird. Diese Offenheit ist für Verben entscheidend: *schwingen* kann einen dauernden Prozess bezeichnen, *überschreiten* eine Prozessgrenze und *freigeben* einen institutionellen Zustandsübergang. Ein semantischer Verb-Aktivitätsraum muss daher unterschiedliche Ereignisprofile abbilden können, ohne sie auf eine einzige Zeitgestalt zu reduzieren.

3. Theoretischer Rahmen des M-Q-M

3.1 Aktivität statt isoliertem Objekt

Die grundlegende Analyseeinheit des M-Q-M ist die Aktivität. In frühen managementbezogenen Quellen verbindet sie Entscheidung und Handlung; in der erweiterten technischen Lesart umfasst sie Wahrnehmung, Ressourcenfluss, Transformation, Regelung und Wirkung. Ein Lager ist demnach nicht nur ein räumlicher Behälter, sondern ein Bündel aus Zufluss, Einlagerung, Bestandshaltung, Steuerung, Energieverbrauch, Entnahme und Wirkung. Eine Maschine ist nicht nur ein Asset, sondern Träger von Bearbeitungs-, Mess-, Regelungs- und Ergebnisaktivitäten. Ein Softwareagent ist nicht nur ein Programmobjekt, sondern eine gekoppelte Einheit aus Wahrnehmung, Zielbild, Entscheidungsregel und Wirkung.

Für die Sprachmodellierung folgt daraus: Substantive und Objektbezeichnungen bleiben relevant, bilden aber nicht notwendig den besten Einstieg in die Dynamik eines Systems. Verben benennen typischerweise die Beziehungen, Übergänge und Prozesse, durch die Systemidentität praktisch hervorgebracht wird. Sie können

deshalb als Indizes für die Zerlegung eines Systems dienen. Diese Aussage ist methodisch, nicht ontologisch exklusiv: Systeme besitzen weiterhin Teilnehmer, Gegenstände, Zustände und Strukturen; der Aktivitätsansatz ordnet diese jedoch in einen Wirkungszusammenhang ein.

3.2 Der Vier-Quadranten-Kern

Tabelle 1: Funktionale Grundsemantik des Vier-Quadranten-Kerns.

Quadrant	Kernfunktion	Leitfrage	typische Ereignisrolle	typische Datenrolle
Q3	Identität, Zweck, Plan, Leitbild oder Bewegungsregime	Warum existiert die Aktivität, beziehungsweise welches Regime soll oder kann sie ausbilden?	Setzungs-, Ziel-, Planungs- und Auswahlereignisse	Zweck, Sollstruktur, Kontext, Erwartung
Q2	Input, Fluss, Ressource, Verbrauch	Was fließt, wird bereitgestellt oder verbraucht?	Bereitstellungs-, Zuweisungs- und Flussereignisse	Material-, Energie-, Informations- und Personalfluss
Q1	Transformation, Regel, Parameter, Steuerung	Wie werden Inputs verändert, gekoppelt oder geregelt?	Transformations-, Bearbeitungs- und Regelungsereignisse	Verfahren, Algorithmus, Schwelle, Verlust, Dissipation
Q4	Ergebnis, Output, Bestand, Potenzial, Wirkung	Was entsteht, bleibt, wird bewertet oder gespeichert?	Beobachtungs-, Bewertungs-, Speicher- und Lernereignisse	Produkt, Messwert, Bestand, Emission, Wirkung

Die Quadranten sind keine unabhängigen Schubladen. Sie bilden Teilstrukturen eines gemeinsamen Aktivitätssystems. Q3 setzt Identität, Sollstruktur oder Bewegungsregime; Q2 führt die erforderlichen Flüsse; Q1 transformiert und regelt; Q4 hält Ergebnisse, Bestände und Wirkungen fest. Die korrigierte innere Wirkungsfolge lautet:

$$Q3 \rightarrow Q2 \rightarrow Q1 \rightarrow Q4 \rightarrow Q3 \quad (1)$$

Die Rückwirkung wird im Simulationsentwurf als zeitversetzter Widerstand in umgekehrter Richtung modelliert. Zusätzlich kann das Q4-Ergebnis eines Systems zum Q2-Input eines nachgelagerten Systems werden. Dadurch entstehen Wertschöpfungsketten, Stoffkreisläufe, Informationspfade und Ereignisgeschichten statt isolierter Prozessblöcke.



Abbildung 1: Zyklische Hauptwirkung des M-Q-M. Eigene Darstellung auf Grundlage der M-Q-M-Wissensbasis und des Simulationsmodells.

3.3 Achsen, Ebenen und drei Zeitbegriffe

Jeder Quadrant wird in den Projektquellen durch x-, y- und z-Achsen sowie die Ebenen xy, xz und yz verfeinert. Die x-Achse bezeichnet Zeit, die y-Achse Raum, Menge oder Ausdehnung und die z-Achse Modus, Zustand und historische Entwicklung. Die Ebenen koppeln diese Basisdimensionen: xy wird generisch als Energie oder Aufwand, xz als Information oder Steuerung und yz als Form oder Struktur interpretiert. Für den semantischen Verb-Aktivitätsraum ist insbesondere die Trennung dreier Zeitbegriffe bedeutsam:

- **Absolute Zeit (Chronos):** kontinuierliche Gesamtdauer, Eigenzeit oder Lebensdauer eines Systems beziehungsweise einer Aktivität; in der Achsenlogik besonders mit Q2 und Q3 verbunden.
- **Relative Zeit (Kairos):** Periode, Wellenlänge, Betrachtungsintervall, Ereigniszeit oder diskreter Zeitpunkt; besonders mit Q1 und Q4 verbunden.
- **Historische Zeit (Äon):** Entwicklung eines Systems über Vergangenheit, Gedächtnis, Gegenwart, Erwartungen, Phasen und Zukunftsstufen; entlang der z-Achse modelliert.

Diese Begriffe sind keine grammatischen Tempora. Sie beschreiben Eigenschaften des modellierten Systems, nicht die Flexionsform eines Verbs. Ein Präteritum kann eine kurze relative Ereigniszeit oder eine lange absolute Dauer beschreiben; ein Präsens kann einen aktuellen Vorgang, eine allgemeine Regel oder ein zukünftiges geplantes Geschehen ausdrücken. Die beiden Ebenen müssen deshalb getrennt annotiert werden.

3.4 Realität, Ereignis, Beschreibung und Datensatz

Die AOE unterscheidet vier Ebenen. Ein reales Vorkommnis ist etwas, das in einem natürlichen, technischen, sozialen, mentalen oder informationstechnischen System zeitlich geschieht. Ein Ereignis ist ein im Kontext abgegrenztes Vorkommnis, das aufgrund von Veränderung, Prozessgrenze, Interaktion, Zustandsbestätigung oder Wirkung als relevante zeitliche Einheit individuiert wird. Eine Ereignisbeschreibung ist ein Informationsobjekt mit Aussagen über dieses Ereignis. Ein Ereignisdatensatz ist schließlich eine technisch codierte Repräsentation dieser Beschreibung oder Behauptung. Formal wird die Kontextabhängigkeit als Individuation aus Vorkommnis, Kontext und Relevanzkriterium ausgedrückt:

$$e = Ind(o, \kappa, \chi) \quad (2)$$

Dabei bezeichnet o das reale Vorkommnis, κ den Kontext und χ das Abgrenzungs- oder Relevanzkriterium. Für die Sprachmodellierung ist dies zentral: Das Verb gehört zur Beschreibungsebene. Es kann einen Ereignistyp benennen, ein Ereignistoken beschreiben oder eine Ereignisspezifikation formulieren. Es beweist für sich allein weder, dass ein Geschehen stattgefunden hat, noch legt es dessen Systemrolle fest.

Kategorienregel

Wort ≠ Aktivität; Satz ≠ Ereignis; Ereignisdatensatz ≠ reales Vorkommnis. Die Ebenen sind verbunden, dürfen aber nicht identifiziert werden.

4. Der M-Q-M-Verb-Aktivitätsraum

4.1 Definition

Ein semantischer Datenraum wird hier als ein konsistentes System von Begriffen, Relationen, Regeln und Methoden verstanden, das die Bedeutung und Verwendungsbedingungen sprachlicher Datenobjekte beschreibt. Der vorgeschlagene *M-Q-M-Verb-Aktivitätsraum* ist ein solcher Teildatenraum für deutsche Verben, die Aktivitäten, Vorgänge, Zustandsänderungen oder Bewegungen indexieren. Er verbindet lexikalische und grammatische Eigenschaften mit Ereignisstatus, Systemkontext und funktionaler M-Q-M-Rolle.

Die primäre Einheit ist nicht das kontextfreie Lemma, sondern ein semantischer Record des Lemmas in einem expliziten Kontext. Dies lässt sich als kontextabhängige Zerlegungsfunktion formulieren:

$$D\kappa(\ell, \sigma) = (Q3, Q2, Q1, Q4)\kappa \quad (3)$$

Hier steht ℓ für das Lemma, σ für die ausgewählte Lesart oder Bedeutung und κ für den Kontext. Die Funktionswerte sind keine einzelnen Zahlen, sondern strukturierte Beschreibungen der vier Quadranten. Das gleiche Lemma kann daher mehrere Records besitzen. *Transportieren* bezeichnet in der Logistik die Bewegung von Sendungen mit Fahrzeugen und Routenregeln, in einer Pflanze den Stofftransport über Xylem und Phloem und im Unternehmenskontext auch die Übertragung von Informationen. Eine einzige kontextfreie M-Q-M-Zuordnung wäre semantisch unzureichend.

4.2 Mehrschichtige Architektur

Der Verb-Aktivitätsraum umfasst mindestens sechs aufeinander bezogene Schichten:

1. **Lexikalische Schicht:** Lemma, Wortform, Lesart, Wortbildung und gegebenenfalls Synset- oder Frame-Verweise.
2. **Morphosyntaktische Schicht:** Person, Numerus, Tempus, Modus, Genus Verbi, Negation und finite beziehungsweise infinite Form.
3. **Ereignisontologische Schicht:** reales Vorkommnis, Ereignistyp oder -token, Ereignisspezifikation, Ereignisprofil, Teilnehmer und Vor-/Nachsituation.
4. **Systemfunktionale Schicht:** Q3-, Q2-, Q1- und Q4-Beschreibung sowie Hauptwirkung, Widerstand und Q4-Q2-Kopplung.
5. **Zeitliche Schicht:** grammatisches Tempus, absolute Dauer, relative Periode, historische Entwicklung und explizite Zeitrelationen.
6. **Provenienz- und Geltungsschicht:** Quelle, Autor, Version, Domäne, Systemgrenze, Granularität, epistemischer Status und Konfidenz.

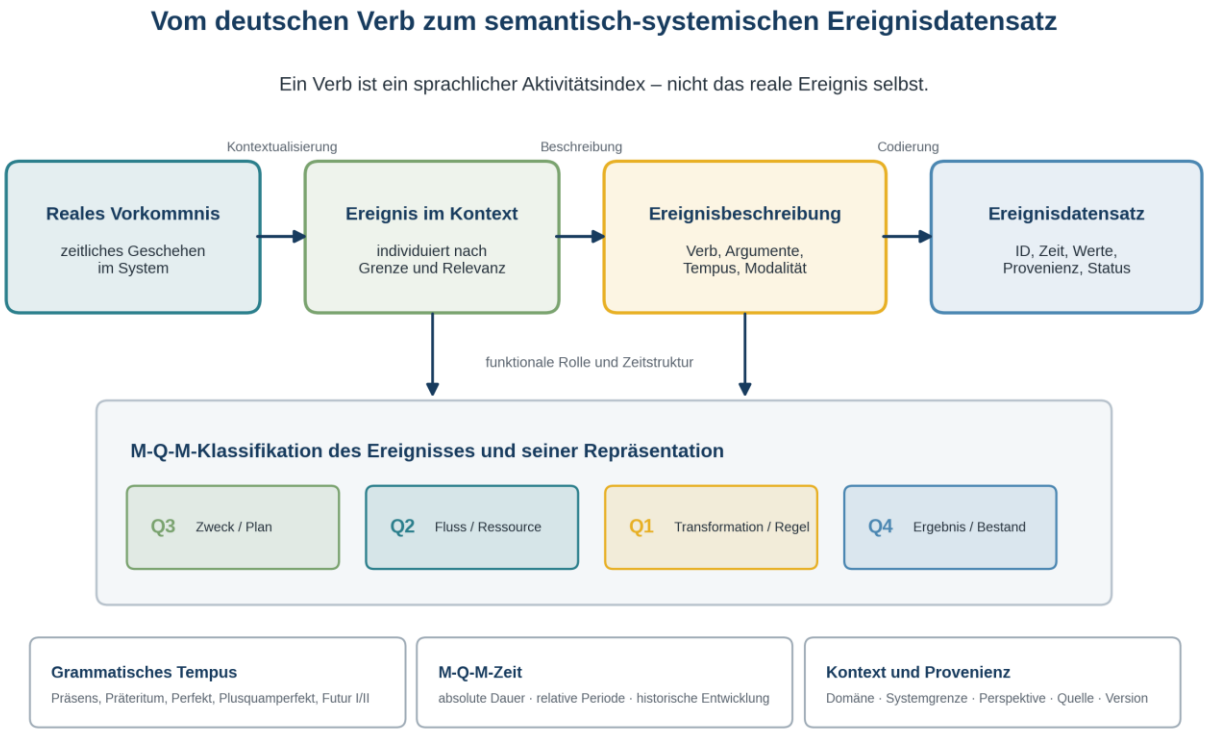


Abbildung 2: Mehrschichtige Verbindung von Vorkommnis, Ereignis, Verbform, M-Q-M-Klassifikation und Ereignisdatensatz. Eigene Darstellung.

4.3 Tempus ist nicht M-Q-M-Zeit

Die traditionelle deutsche Grammatik unterscheidet Präsens, Präteritum, Perfekt, Plusquamperfekt, Futur I und Futur II. Zugleich zeigen linguistische Beschreibungen, dass die zeitliche Interpretation nicht mechanisch aus der Verbform folgt. Präsens kann aktuelle, generische, habituelle oder zukünftige Lesarten tragen; Futurformen können Erwartung oder Vermutung ausdrücken; Perfektformen markieren Vorzeitigkeit und

werden je nach Varietät und Diskursfunktion unterschiedlich gebraucht. Ein maschinenlesbarer Aktivitätsraum darf daher keine einfache Tabelle „Tempus = Systemzeit“ verwenden.

Tabelle 2: Grammatische Verbformen und ihre mögliche, aber nicht eindeutige Beziehung zum M-Q-M.

Form	Beispiel	sprachliche Leistung	mögliche Systemlesart	zentrale Einschränkung
Infinitiv	speichern	Aktivitäts- oder Ereignistyp; keine finite Zeitverankerung	Vorlage für einen kontextualisierten Aktivitätsrecord	keine Aussage über tatsächliches Eintreten
Präsens	Das System speichert Daten.	aktuell, generell, habituell oder kontextuell zukünftig	Beschreibung eines laufenden, typischen oder geplanten Zustands	nicht automatisch Q2 und nicht zwingend Gegenwart
Präteritum	Das System speicherte Daten.	vergangene narrative oder berichtete Einordnung	historische Ereignisbeschreibung entlang der z-Achse	Quadrant ergibt sich aus Rolle, nicht aus Tempus
Perfekt	Das System hat Daten gespeichert.	Vorzeitigkeit beziehungsweise abgeschlossener Bezug im Diskurs	kann Ergebnis- oder Evidenzbezug in Q4 hervorheben	nicht jedes Perfekt ist ein Q4-Ereignis
Plusquamperfekt	Das System hatte Daten gespeichert.	Vorvergangenheit relativ zu einem vergangenen Bezugspunkt	mehrstufige historische Ordnung	erfordert explizite Referenzzeit
Futur I	Das System wird Daten speichern.	Zukunft, Planung, Erwartung oder Vermutung	häufig Ereignisspezifikation in Q3	noch kein Ereignistoken
Futur II	Das System wird Daten gespeichert haben.	zukünftige Vorzeitigkeit oder Vermutung über Abschluss	Spezifikation eines zukünftigen Q4-Ergebnisses möglich	Aktualität und Abschluss müssen separat bestätigt werden

Die Tempusannotation wird daher als eigenständiges Attribut τg geführt. Die M-Q-M-Zeit wird als Tupel $\tau m = \langle ta, tr, th \rangle$ mit absoluter, relativer und historischer Zeit modelliert. Zwischen beiden Ebenen bestehen Interpretationsregeln, aber keine Identität. Ergänzend sind Aspekt beziehungsweise Aktionsart, Temporaladverbiale, Modalität und Diskursbezug zu erfassen, wenn aus Sprache belastbare Ereigniszeiten abgeleitet werden sollen.

4.4 Ereignisstatus und Modalität

Besonders wichtig ist die Trennung von tatsächlichen Ereignistoken und Ereignisspezifikationen. „Die Sendung wird zugestellt“ kann eine Prognose, eine Verpflichtung, eine Planung oder eine unmittelbare Zukunftsbeschreibung sein. Erst eine bestätigte Beobachtung oder ein geeigneter Datensatz erlaubt die Annahme, dass ein Zustellereignis stattgefunden hat. Der Record benötigt deshalb mindestens die Statuswerte *tatsächlich, geplant, erwartet, vorgeschrieben, möglich, hypothetisch, kontrafaktisch* sowie einen epistemischen Status wie *beobachtet, gemessen, berichtet, erschlossen, angenommen* oder *bestritten*.

Auch Negation und Unterlassung erfordern gesonderte Behandlung. „Die Anlage heizte nicht“ beschreibt nicht einfach ein positives Heizereignis mit Wert null. Es kann das Ausbleiben eines erwarteten Ereignisses, eine aktive Unterlassung, einen Defekt oder eine korrekte Abschaltung bezeichnen. Solche Fälle werden als Abweichung zwischen Ereignisspezifikation und beobachteter Geschichte modelliert.

4.5 Kanonischer Record

Ein minimaler Record kann formal als folgendes Tupel dargestellt werden:

$$R = \langle id, \ell, \sigma, f, \kappa, \mu, \varepsilon, \tau g, \tau m, P, Q3, Q2, Q1, Q4, C, \pi, c \rangle \quad (4)$$

Dabei bezeichnen id die eindeutige Kennung, ℓ das Lemma, σ die Lesart, f die konkrete Wortform, κ den Kontext, μ Modalität und Ereignisstatus, ε das Ereignisprofil, τg das grammatische Tempus, τm die M-Q-M-Zeitstruktur, P Teilnehmer und Rollen, C Kopplungen zu anderen Records, π die Provenienz und c die Konfidenz. Die Quadrantenfelder enthalten jeweils strukturierte Aussagen, nicht bloß Labels.

5. Material und Methode

5.1 Demonstrationskorpus

Das Demonstrationskorpus besteht aus vier projektinternen Excel-Arbeitsmappen mit jeweils 20 deutschen Verben. Die Domänen wurden bewusst so gewählt, dass unterschiedliche Formen von Aktivität und Bewegung vertreten sind: menschlich-intentionale Unternehmensaktivitäten, menschlich-intentionale Logistikaktivitäten, pflanzliche Funktionen ohne bewusstes Handlungsziel und physikalische Bewegungen ohne Akteur im handlungstheoretischen Sinn. Insgesamt liegen 80 kontextualisierte Records mit 77 verschiedenen Lemmata vor. *Kommissionieren* erscheint in zwei, *transportieren* in drei Domänen. Jeder Record enthält eine Kurzbeschreibung, die vier Quadranten und eine Systemkopplung; die pflanzlichen und physikalischen Tabellen ergänzen einen expliziten Systemrahmen und methodische Hinweise.

Tabelle 3: Zusammensetzung des Demonstrationskorpus.

Domäne	Records	Lemmata im Teilkorpus	Aktivitätscharakter	Q3-Lesart	Beispiele
Unternehmen	20	20	menschliche Aktivitäten	expliziter Zweck, Entscheidung und Plan	Planen, Produzieren, Dokumentieren
Logistik	20	20	menschliche Prozessaktivitäten	Auftrags-, Service- und Flussziel	Avisieren, Einlagern, Zustellen
Pflanze	20	20	biologische Funktionen und Entwicklungen	Funktionsziel ohne Bewusstseinsannahme	Keimen, Photosynthetisieren, Überdauern
Physik	20	20	Bewegungs- und Transformationsregime	Regime, Randbedingung oder Attraktor	Beschleunigen, Diffundieren, Tunneln
Gesamt	80	77	vier Domänen	kontextsensitive Q3-Auslegung	320 Quadrantenbeschreibungen

5.2 Normalisierung und Analyseeinheit

Die vier Tabellen verwenden leicht unterschiedliche Spaltenbezeichnungen. Für die vergleichende Auswertung wurden die Felder auf eine gemeinsame Struktur normalisiert: Domäne, Lemma, Bereich beziehungsweise Kurzbeschreibung, Systemrahmen, Q3, Q2, Q1, Q4, Weitergabe und Hinweis. Die inhaltlichen Texte wurden nicht nachträglich in eine andere Quadrantenlogik umgeschrieben. Wo ein Feld in einer Arbeitsmappe nicht vorhanden war, wurde kein zusätzlicher Quellinhalt erfunden.

Analyseeinheit ist der vollständige Record, also das Lemma in einem expliziten Domänen- und Systemkontext. Die Auswertung fragt nicht danach, welchem einzelnen Quadranten ein Verb „gehört“. Sie prüft, welche vier miteinander gekoppelten Perspektiven erforderlich sind, um die durch das Verb indexierte Aktivität als System zu beschreiben. Dieses Vorgehen entspricht der M-Q-M-Annahme, dass ein Verb nicht eine isolierte Kategorie, sondern eine Eintrittsstelle in ein Aktivitätssystem bildet.

5.3 Vergleichsdimensionen

Die Records wurden qualitativ entlang von sechs Vergleichsdimensionen gelesen:

- Art der Q3-Semantik: Intention, organisationaler Zweck, biologisches Funktionsziel oder physikalisches Bewegungsregime;
- Art der Q2-Flüsse: Material, Energie, Information, Daten, Personalzeit, Gradient oder Impuls;
- Art der Q1-Regelung: Verfahren, institutionelle Regel, biologische Regulation, physikalisches Gesetz oder probabilistische Randbedingung;
- Art der Q4-Ergebnisse: Produkt, Dienstleistung, Zustand, Bestand, Messwert, Verteilung, Emission oder Potenzial;
- Kopplung: Rückwirkung auf Q3 und Übergang von Q4 zu Q2 eines Folgesystems;
- Zeit- und Ereignisprofil: kontinuierlicher Verlauf, Grenze, Übergang, Periode, Historie oder Spezifikation.

5.4 Geltungsbereich

Die Analyse ist explorativ. Die Verben wurden nicht aus einem repräsentativen deutschen Korpus gezogen, sondern als didaktisch und systemisch geeignete Beispiele zusammengestellt. Es liegen keine Häufigkeitsgewichte, keine kontrollierte Stichprobenziehung, keine Inter-Annotator-Reliabilität und keine unabhängige Domänenvalidierung vor. Die Befunde zeigen daher die innere Anschlussfähigkeit und die produktive Reichweite des Schemas, nicht seine sprachstatistische Vollständigkeit oder empirische Überlegenheit gegenüber anderen Ontologien.

6. Ergebnisse der domänenübergreifenden Analyse

6.1 Alle Records benötigen vier gekoppelte Perspektiven

In allen 80 konstruierten Records lässt sich die Aktivität als Vierheit von Zweck beziehungsweise Regime, Fluss, Transformation und Ergebnis beschreiben. Der Befund ist zunächst strukturell: *Planen* benötigt nicht nur Q3, sondern auch Inputs wie Ziele und Budgets in Q2, Transformationsoperationen wie Priorisieren und Terminieren in Q1 sowie einen freigegebenen Planbestand in Q4. *Lagern* ist nicht nur Q4-Bestand, sondern umfasst Q3-Verfügbarkeitszweck, Q2-Zufluss und Energiebedarf, Q1-Einlagerungs- und Erhaltungsregeln sowie Q4-Puffer und Alterung. *Diffundieren* ist nicht nur Q2-Fluss, sondern besitzt ein durch Konzentrationsausgleich beschriebenes Bewegungsregime in Q3, Teilchen und Gradienten in Q2, Ficksche Gesetzmäßigkeiten und Barrieren in Q1 sowie ein Konzentrationsprofil in Q4.

Damit wird ein zentraler Modellierungsfehler vermieden: die vorschnelle Gleichsetzung eines Verbs mit einer einzigen Systemfunktion. Wörter wie *speichern*, *transformieren*, *planen* oder *transportieren* können zwar eine Quadrantenfunktion besonders sichtbar machen, indexieren im konkreten System aber einen vollständigen, gekoppelten Aktivitätszusammenhang.

Tabelle 4: Vier beispielhafte Zerlegungen aus den vier Domänen (gekürzt nur durch Tabellenumbruch, inhaltlich aus den Arbeitsmappen).

Q	Planen (Unternehmen)	Transportieren (Logistik)	Photosynthetisieren (Pflanze)	Diffundieren (Physik)
Q3	Planen, um ein zukünftiges, zielkongruentes Vorgehen und eine Sollstruktur festzulegen.	Transportieren, um Güter, Ladeeinheiten oder Dokumente sicher, termingerecht und wirtschaftlich von Quelle zu Ziel zu bewegen.	Photosynthetisieren, um Lichtenergie in nutzbare chemische Bindungen und Assimilate zu überführen.	Diffundieren, um Konzentrationsunterschiede im betrachteten System statistisch auszugleichen.
Q2	Ziele, Anforderungen, Daten, Budgets, Kapazitäten, Erfahrungen und Arbeitszeit aufnehmen und verwenden.	Transportgut, Fahrzeug oder Transportdienst, Route, Energie, Fahrerzeit, Telematikdaten, Genehmigungen und Zeitfenster verwenden.	Licht, CO2, Wasser, Chlorophyll-/Blattfläche, Enzyme und Transportkapazität aufnehmen beziehungsweise nutzen.	Teilchen, Konzentrationsgradient, Temperatur, Medium, Zeit und Grenzflächen stellen den Bewegungsfluss.
Q1	Alternativen strukturieren, priorisieren, terminieren, berechnen und auf Restriktionen prüfen.	Route fahren oder steuern, Ladung überwachen, Verkehrslage berücksichtigen, Kühl-/Gefahrgutregeln beachten und Ereignisse melden.	Lichtreaktionen, CO2-Fixierung, Elektronenfluss, Stomataöffnung und Chloroplastenaktivität regulieren.	Zufallsbewegung, Ficksche Gesetzmäßigkeit, Barrieren, Permeabilität und Wechselwirkungen regeln den Fluss.
Q4	Einen freigegebenen Plan, ein Budget, eine Terminfolge, Sollwerte und Planungsannahmen bereitstellen.	Zugestellte oder unterwegs befindliche Sendungen, ETA-/Statusdaten, Emissionen, Kosten, Verzögerungen und Zustellnachweise entstehen.	Zucker und weitere Assimilate, Sauerstoffabgabe sowie Energie- und Kohlenstoffbestand entstehen.	Gleichmäßigere Konzentration, durchmischter Zustand, Stoffverteilung und ggf. Verzögerung an Grenzflächen entstehen.

6.2 Q3 bildet eine Intentionalitäts- und Regimeskala

Die stärksten domänenspezifischen Unterschiede zeigen sich in Q3. Bei unternehmerischen und logistischen Verben ist Q3 überwiegend intentional: Menschen oder Organisationen planen, entscheiden, beraten, disponieren oder stellen zu, um einen expliziten Zweck zu erreichen. Bei Pflanzen bezeichnet Q3 dagegen ein Funktionsziel, das ohne Annahme bewusster Absicht formuliert wird. *Photosynthetisieren* dient im Modell der Überführung von Lichtenergie in chemisch gebundene Energie; *überdauern* beschreibt die Erhaltung von Lebenspotenzial während ungünstiger Phasen. Bei physikalischen Bewegungen wird Q3 als Bewegungsregime, Symmetrie, Randbedingung oder Attraktor gelesen. *Schwingen* bildet eine periodische Bewegung um eine

Gleichgewichtslage aus; *diffundieren* führt statistisch zum Konzentrationsausgleich; *tunneln* bezeichnet ein quantenmechanisches Regime endlicher Durchtrittswahrscheinlichkeit.

Diese Skala verhindert anthropomorphisierende Modellierung. Das gleiche Q3-Feld kann intentionale Ziele repräsentieren, muss dies aber nicht. Entscheidend ist die Identität oder Soll- beziehungsweise Regimestruktur der betrachteten Aktivität. In einem maschinenlesbaren Schema sollte deshalb zusätzlich ein Attribut *agency_type* beziehungsweise *teleology_status* geführt werden, zum Beispiel *intentional*, *institutional-functional*, *biological-functional* oder *non-intentional-physical*.

6.3 Q2 und Q1 trennen Fluss von Transformation

Domänenübergreifend bewährt sich die Trennung zwischen Q2 und Q1. Q2 erfasst, was fließt, bereitgestellt oder verbraucht wird. Q1 beschreibt, nach welchen Regeln und Parametern diese Flüsse transformiert werden. Beim Heizen gehören Strom oder Brennstoff zu Q2, während die Umwandlung und Regelung in Wärme Q1 bildet. Beim Transportieren umfasst Q2 Sendung, Fahrzeug, Route, Energie und Fahrerzeit; Q1 enthält Fahr-, Überwachungs-, Sicherheits- und Kühlregeln. Bei der Photosynthese gehören Licht, Kohlendioxid und Wasser zu Q2, während Lichtreaktion, Elektronenfluss, CO2-Fixierung und Stomataregulation Q1 bilden. Bei der Diffusion stehen Teilchen, Gradient und Medium in Q2; Zufallsbewegung, Permeabilität und Ficksche Gesetzmäßigkeit strukturieren Q1.

Diese Trennung besitzt unmittelbare Datenrelevanz. Sensorwerte und Materialströme sind nicht mit Algorithmen, Schwellenwerten und physikalischen Gesetzen gleichzusetzen. Ein semantischer Datenraum muss unterscheiden, ob ein Datenobjekt einen Fluss beobachtet, eine Regel repräsentiert oder ein Ergebnis speichert. Dadurch wird aus einem unstrukturierten Verbwortschatz ein prüfbares Systemmodell.

6.4 Q4 ist mehr als Endoutput

Q4 umfasst Produkte und Dienstleistungen, aber ebenso Bestände, Puffer, Messwerte, Zustände, Emissionen, Verluste und positive oder negative Wirkungen. Beim Dokumentieren entstehen Dokumente, Datensätze, Protokolle, Historien und Zugriffsstände. Beim Pflanzenwachstum entstehen Biomasse, neue Organe und veränderte Ressourcenverteilungen. Beim Abbremsen entstehen geringere Geschwindigkeit, Wärme, Impulsübertragung und Verschleiß. Diese Breite ist für eine Ereignisontologie wichtig: Ein Ergebnis kann materiell, informationell, relational oder energetisch sein. Es kann dauerhaft gespeichert, nur kurz beobachtet oder an ein Folgesystem weitergegeben werden.

6.5 Kontextsensitivität am Beispiel „transportieren“

Tabelle 5: Dasselbe Lemma „transportieren“ in drei Systemkontexten.

Q	Unternehmen	Logistik	Pflanze
Q3	Transportieren, um Güter oder Informationen sicher und termingerecht von einer Quelle zu einem Ziel zu bewegen.	Transportieren, um Güter, Ladeeinheiten oder Dokumente sicher, termingerecht und wirtschaftlich von Quelle zu Ziel zu bewegen.	Transportieren, um Erzeugungs-, Aufnahme-, Speicher- und Verbrauchsorte im Pflanzenkörper zu koppeln.
Q2	Transportgut, Fahrzeug oder Übertragungskanal, Energie, Route, Zeit, Steuerdaten und Personal einsetzen.	Transportgut, Fahrzeug oder Transportdienst, Route, Energie, Fahrerzeit, Telematikdaten, Genehmigungen und Zeitfenster verwenden.	Wasser, Zucker, Mineralstoffe, Druck- und Konzentrationsgradienten, Leitgewebe und Bedarfssignale nutzen.
Q1	Laden, sichern, routen, bewegen, überwachen und entladen beziehungsweise Informationen übertragen.	Route fahren oder steuern, Ladung überwachen, Verkehrslage berücksichtigen, Kühl-/Gefahrgutregeln beachten und Ereignisse melden.	Xylem- und Phloemflüsse, Beladen und Entladen, Flussrichtung, Leitfähigkeit und Prioritäten regeln.
Q4	Zugestellte Güter oder übertragene Informationen, Zustellnachweise, Emissionen, Verluste und Verzögerungsdaten erzeugen.	Zugestellte oder unterwegs befindliche Sendungen, ETA-/Statusdaten, Emissionen, Kosten, Verzögerungen und Zustellnachweise entstehen.	Versorgte Wurzeln, Triebe, Blätter, Früchte oder Speicherorgane und aktualisierte Stoffbestände entstehen.

Die Tabelle zeigt, warum ein Lemma nicht direkt und eindeutig auf eine M-Q-M-Struktur abgebildet werden kann. Die Grundfunktion bleibt ähnlich – etwas wird von Quelle zu Ziel beziehungsweise zwischen Systemteilen bewegt –, doch Teilnehmer, Ressourcen, Regeln, Zeitskalen und Ergebnisse unterscheiden sich erheblich. Die eindeutige Identifikation erfordert daher mindestens Domäne, Systemgrenze, Lesart, Teilnehmerrollen und Granularität. Lexikalische Identität erzeugt keine Systemidentität.

6.6 Verben indexieren Ereignistypen, nicht notwendig Ereignistoken

Die Infinitivlisten des Demonstrationskorpus bezeichnen zunächst Aktivitäts- oder Ereignistypen. Erst eine kontextualisierte finite Beschreibung kann auf ein einzelnes Ereignistoken referieren. „Die Pflanze keimt“ kann einen beobachteten Vorgang, eine generische Aussage oder eine erwartete Entwicklung ausdrücken. „Die Pflanze keimte“ verankert das Geschehen sprachlich in der Vergangenheit, identifiziert aber ohne weitere Angaben weder Start noch Ende. „Die Pflanze ist gekeimt“ kann einen resultativen Bezug hervorheben, beweist jedoch ohne Beobachtungsprovenienz nicht, dass der Vorgang tatsächlich stattgefunden hat. Für die Datenmodellierung müssen deshalb Typ, Token, Spezifikation und Beobachtung getrennt bleiben.

6.7 Q4-Q2-Kopplungen bilden semantische Ereignisketten

Ein besonders produktives Ergebnis der Tabellen liegt in den expliziten Weitergabefeldern. Der Q4-Plan aus *planen* wird zum Q2-Input von *koordinieren* oder *produzieren*. Q4-Assimilate aus *photosynthetisieren* werden zu Q2-Ressourcen für *wachsen*, *speichern*, *blühen* oder *fruchten*. Das Q4-Konzentrationsprofil aus *diffundieren* wird zum Q2-Ausgangspunkt für Reaktion, Osmose oder weiteren Stoffausgleich. Diese Kopplungen erzeugen einen Ereignisgraphen, in dem die Wirkung eines Records die Ressource eines anderen bildet:

$$Q4(Ai) \rightarrow Q2(Aj) \quad (5)$$

Damit lässt sich ein Wissensgraph nicht nur über taxonomische Beziehungen, sondern über systemische Übergänge aufbauen. Die Kante trägt dabei eine fachliche Bedeutung wie *stellt bereit*, *wird Input von*, *ermöglicht*, *begrenzt*, *löst aus* oder *speichert*. Diese Relationen sind für Digital Twins, Prozess-Mining und autonome Agenten besonders relevant, weil sie Daten, Regeln, Ziele und Wirkungen in einer gemeinsamen Semantik verbinden.

7. Datenmodell und technische Operationalisierung

7.1 Minimales Feldschema

Tabelle 6: Vorgeschlagenes Feldschema für einen M-Q-M-Verb-Aktivitätsrecord.

Gruppe	Felder	Funktion	Beispiel
Identifikation	record_id, version, language	eindeutige Referenz und Versionierung	MVA-DE-TR-0001, 1.0, de
Lexikon	lemma, surface_form, sense_id	Wortform und kontextsensitive Lesart	transportieren, transportierte, logistics.move_goods
Grammatik	person, number, tense, mood, voice, polarity	morphosyntaktische Form	3, sg, Präteritum, Indikativ, Aktiv, positiv
Kontext	domain, system_boundary, perspective, granularity	Geltungsrahmen der Interpretation	Logistik, Werk-zu-Kunde, Carrier-Sicht, Sendung
Ereignis	event_type, token_id, profile, actuality, modality	Typ/Token, Grenz-/Übergangs-/Verlaufsprofil und Status	Transport, EVT-4711, Verlauf, tatsächlich, assertiert
Teilnehmer	agent, patient/theme, source, goal, instrument	Rollen der beteiligten Entitäten	Fahrer, Sendung, Werk, Kunde, Fahrzeug
M-Q-M	q3, q2, q1, q4	vier gekoppelte Funktionsbeschreibungen	Zweck, Ressourcen, Regeln, Ergebnis
Zeit	event_time, duration, period, history_stage, temporal_relations	grammatische und systemische Zeit	2026-09-21, 4 h, Tour, Zustellphase, before(E2)
Kopplung	input_from, output_to, enables, inhibits, feedback_to	System- und Ereignisgraph	Plan → Tour; Zustellung → Bestandsupdate
Evidenz	observation, source, provenance, confidence, validation_status	Nachvollziehbarkeit und epistemische Qualität	Scanner, TMS, Version 3, 0.93, geprüft

7.2 Relationen im Wissensgraphen

Die Records sollten nicht nur Attribute, sondern auch explizite Relationen besitzen. Aus dem CTS- und AOE-Material lassen sich mindestens fünf Relationenfamilien ableiten: ontologische Relationen wie *istInstanzVon* und *istTeilVon*; zeitliche Relationen wie *vor*, *überlappt* und *endetMit*; kausale Relationen wie

verursacht, *ermöglicht*, *hemmt* und *verhindert*; Repräsentationsrelationen wie *beschreibt*, *repräsentiert* und *beobachtet*; sowie M-Q-M-Relationen wie *plant*, *stelltBereit*, *transformiert*, *bewertet* und *wirdInputVon*.

Die Trennung der Relationsfamilien verhindert, dass eine zeitliche Folge vorschnell als Kausalität interpretiert wird. Ebenso wird deutlich, ob ein Verb die reale Systembeziehung, eine sprachliche Aussage über diese Beziehung oder die Speicherung der Aussage bezeichnet. Für robuste Schlussfolgerungen müssen Geltungsbereich, Quelle und Konfidenz an den Knoten oder Kanten versioniert werden.

7.3 Anschluss an GermaNet, FrameNet und TimeML

Tabelle 7: Komplementäre Ressourcen und Integrationsrollen.

Ansatz	primäre Einheit	Stärke	Rolle im vorgeschlagenen Raum
GermaNet / Wordnet-LMF	Lexeme, Synsets und lexikalisch-semantische Relationen	sprachliche Lesart und Begriffsnetz	Verweis von lemma/sense_id auf Synset; M-Q-M ergänzt Systemrolle
FrameNet	Frame, lexikalische Einheit und Frame-Elemente	Teilnehmer- und Rollenstruktur eines Geschehens	Frame-Elemente werden mit Teilnehmerrollen und Q2/Q1/Q4 verbunden
TimeML / ISO-TimeML	Ereignisse, Zeitangaben und zeitliche Relationen	Zeitverankerung, Ereignisordnung und Persistenz	Tempus- und Zeitrelationen werden übernommen; M-Q-M ergänzt Q3-Q4-Funktion
AOE	Vorkommnis, Ereignis, Beschreibung, Datensatz, Kontext	ontologische Trennung von Realität und Repräsentation	Grundgerüst für event_type, token, status und provenance
M-Q-M-Verb-Aktivitätsraum	kontextualisierter Verb- und Ereignisrecord	Zweck, Fluss, Transformation, Ergebnis und Kopplung	Integrationsschicht für systemische Aktivitätssemantik

Die Integration sollte verweisend und modular erfolgen. Der M-Q-M-Record speichert nicht alle Informationen anderer Ressourcen doppelt, sondern referenziert deren Identifikatoren und ergänzt die systemfunktionale Sicht. Dadurch bleiben vorhandene Standards nutzbar, während die projektinterne Q1-Q4-Semantik maschinenlesbar wird.

7.4 Beispiel eines ausführbaren Records


```
{
  "record_id": "MVA-DE-LOG-TRANSPORTIEREN-0001",
  "lemma": "transportieren",
  "surface_form": "transportierte",
  "sense_id": "logistics.move_goods",
  "context": {"domain": "Logistik", "system_boundary": "Quelle-Ziel-Transport"},
  "grammar": {"tense": "Präteritum", "mood": "Indikativ", "voice": "Aktiv"},
  "event": {"profile": "Verlauf", "actuality": "tatsächlich", "epistemic": "berichtet"},
  "q3": "Güter sicher, termingerecht und wirtschaftlich von Quelle zu Ziel bewegen",
  "q2": ["Transportgut", "Fahrzeug", "Route", "Energie", "Fahrerzeit", "Telematikdaten"],
  "q1": ["Routensteuerung", "Ladungsüberwachung", "Kühl- und Gefahrgutregeln"],
  "q4": ["zugestellte oder unterwegs befindliche Sendung", "Statusdaten", "Emissionen", "Nachweis"],
  "mqm_time": {"absolute_duration": "PT4H", "relative_period": "Tour-17", "history_stage": "Zustellung"},
  "links": {"output_to": ["entladen", "zustellen", "kundeninformation"]},
  "provenance": {"source": "TMS", "version": "3.2", "confidence": 0.93}
}
```


Das Beispiel ist eine vorgeschlagene technische Konkretisierung, kein bereits implementierter Standard. Datentypen, Pflichtfelder, Kardinalitäten, Identifikatoren und Validierungsregeln sind in einer künftigen Core Vocabulary & Symbol Registry verbindlich festzulegen. Die Projektquellen schlagen für komplexe Ontologien eine Kombination aus Ontologiesprache, Validierungsregeln und zusätzlicher Regel- oder Kalkülebene vor, weil zeitliche, kausale und mereologische Anforderungen nicht vollständig durch eine einzige Beschreibungssprache abgedeckt werden.

7.5 Abfragen und Schlussfolgerungen

Ein operationalisierter Verb-Aktivitätsraum unterstützt Abfragen, die mit einem reinen Wörterbuch oder Ereignislog nicht möglich wären: Welche geplanten Q3-Ereignisse besitzen noch keinen bestätigten Q4-Abschluss? Welche Q2-Ressourcen werden von mehreren Aktivitäten beansprucht? Welche Q1-Regel führte zu einem negativen Q4-Ergebnis? Welche Perfekt- oder Futur-II-Beschreibungen behaupten einen Abschluss, für

den noch keine Beobachtung vorliegt? Welche Q4-Bestände eines Systems werden als Q2-Inputs eines anderen Systems genutzt? Welche historischen Änderungen einer Regel erklären eine veränderte Aktivitätsbedeutung?

Für autonome Agenten kann der Raum als semantische „Agenten-Grammatik“ dienen: Wahrnehmung und Datenfluss werden Q2, Ziel- und Weltmodell Q3, Policy und Transformation Q1 sowie Aktionen, Outcomes und Lernbestände Q4 zugeordnet. Die Verbform liefert dabei die sprachliche Schnittstelle, ersetzt aber nicht das Systemmodell.

8. Diskussion

8.1 Theoretische Bedeutung

Die Analyse bestätigt auf konzeptioneller Ebene, dass Verben einen geeigneten Einstieg in dynamische Systembeschreibungen bieten. Sie bezeichnen keine statischen Gegenstände, sondern aktivieren Erwartungen über Teilnehmer, Ressourcen, Veränderungen, zeitliche Verläufe und Ergebnisse. Das M-Q-M erweitert diese Erwartungen um eine explizite Viererstruktur und eine Rückkopplungslogik. Dadurch wird aus der lexikalischen Bedeutung ein systemischer Aktivitätsrecord.

Gleichzeitig zeigt die Untersuchung die Grenzen einer rein verbzentrierten Ontologie. Verbbedeutung hängt von Argumenten, Konstruktion, Kontext, Negation, Modalität und Diskurs ab. *Führen* kann eine Organisation leiten, ein Fahrzeug steuern, eine Leitung verlegen oder zu einem Ergebnis führen. Die Oberfläche allein reicht nicht. Der M-Q-M-Verb-Aktivitätsraum muss deshalb als kontextualisierte Schicht in einem größeren Daten- und Wissensraum verstanden werden.

8.2 Grammatische und ontologische Zeit

Die strikte Trennung von grammatischem Tempus und Systemzeit ist ein zentrales Ergebnis. Tempus ist eine Eigenschaft der sprachlichen Darstellung, während absolute, relative und historische Zeit Eigenschaften des modellierten Systems oder der Modellperspektive sind. Beide Ebenen interagieren: Ein Plusquamperfekt kann eine tiefe historische Einbettung anzeigen; ein Futur I kann eine Q3-Spezifikation formulieren; ein Perfekt kann die Aufmerksamkeit auf ein Q4-Ergebnis lenken. Solche Zuordnungen sind jedoch heuristisch und kontextabhängig. Ein belastbares System muss sie als Regeln mit Geltungsbedingungen und Konfidenz modellieren, nicht als feste Gleichsetzungen.

8.3 Bedeutung für Daten- und Wissensräume

Der vorgeschlagene Raum verbindet den semantischen, systemischen und organisationalen Beschreibungsraum des vorhandenen Manuskripts. Ein Datenobjekt wird nicht nur danach klassifiziert, was es formal ist oder fachlich bedeutet, sondern danach, welche Rolle es in einer Aktivität spielt. Dieselbe Zahl kann Q2-Sensorfluss, Q1-Schwellenwert, Q3-Zielgröße oder Q4-Messbestand sein. Dieselbe Verbform kann geplantes, tatsächliches oder hypothetisches Geschehen bezeichnen. Diese Mehrschichtigkeit verbessert Interoperabilität, weil semantische Unterschiede explizit werden, statt in Feldnamen oder Freitext verborgen zu bleiben.

8.4 Anwendungsfelder

- **Wissensgraphen und semantische Suche:** Verben werden über Ereignistypen, Teilnehmerrollen, Quadranten und Kopplungen erschließbar.
- **Process Mining und Event Logs:** Logereignisse erhalten Ziel-, Ressourcen-, Regel- und Wirkungssemantik statt nur Aktivitätsname und Zeitstempel.
- **Digital Twins:** Maschinen-, Prozess-, Energie-, Qualitäts- und Bestandsdaten werden auf eine gemeinsame Aktivitätsstruktur bezogen.
- **Autonome Agenten:** Sprachliche Ziele, Beobachtungen, Policies und Outcomes können einem expliziten Systemmodell zugeordnet werden.
- **Wissenschaftliche Modellierung:** Biologische Funktionen und physikalische Bewegungen lassen sich mit menschlichen Aktivitäten vergleichen, ohne intentionale Begriffe unbesehen zu übertragen.

- **Terminologiearbeit:** Fachverben können als versionierte Records mit Domänengrenzen, Nichtbeispielen und Provenienz gepflegt werden.

8.5 Grenzen und Risiken

Erstens ist das Korpus klein, konstruiert und nicht repräsentativ. Zweitens wurden die Zerlegungen ohne dokumentierte Mehrfachannotation erstellt; ihre Reproduzierbarkeit ist unbekannt. Drittens besteht die Gefahr teleologischer Überdehnung, insbesondere bei Pflanzen und Physik. Viertens sind die Quadrantenbeschreibungen teilweise natürlichsprachlich und noch nicht durch ein kontrolliertes Vokabular normalisiert. Fünftens können komplexe Ereignisse Teilereignisse aus mehreren Quadranten enthalten; die Granularität der Zerlegung beeinflusst das Ergebnis. Sechstens sind die mathematischen Operatoren und die AOE noch nicht vollständig axiomatisiert. Siebtens können Unterschiede zwischen Tempus, Aspekt, Aktionsart, Modalität und Diskurszeit nicht durch eine einzelne Tempusspalte gelöst werden. Schließlich ist die Modellierung normativ wirksam. Wer Systemgrenze, Zweck und relevante Wirkung festlegt, beeinflusst die Q3- und Q4-Semantik. Der Kontext muss daher nicht nur technisch gespeichert, sondern auch institutionell verantwortet werden. Eine falsche Systemgrenze kann reale externe Wirkungen ausblenden; eine zu enge Q4-Definition kann Emissionen, Risiken oder soziale Folgen unsichtbar machen.

8.6 Validierungsagenda

1. Aufbau eines balancierten deutschen Verbankorpus aus mehreren Domänen und Textsorten;
2. Entwicklung eines verbindlichen Annotierungsleitfadens mit Positiv- und Negativbeispielen;
3. Mehrfachannotation durch Sprachwissenschaft, Domänenexpertise und M-Q-M-Modellierung sowie Messung der Übereinstimmung;
4. Vergleich der M-Q-M-Zerlegung mit GermaNet-Synsets, FrameNet-Frames, TimeML-Ereignissen und Prozessontologien;
5. Formale Definition von Pflichtfeldern, Typen, Kardinalitäten und Validierungsregeln im Core Vocabulary & Symbol Registry;
6. Implementierung eines Prototyps in RDF/OWL plus Shapes- und Regellogik sowie eines relationalen beziehungsweise dokumentenorientierten Referenzschemas;
7. Evaluation an konkreten Anwendungsfällen wie Event-Log-Anreicherung, Digital Twin, Unternehmensanalyse oder agentischer Planung;
8. Veröffentlichung von Datensatz, Richtlinien, Versionshistorie und Benchmark zur unabhängigen Replikation.

9. Fazit

Der bewegungs- und aktivitätsbasierte Ansatz des M-Q-M lässt sich produktiv mit der Semantik deutscher Verben verbinden, wenn Wort, Ereignis, Beschreibung und Datensatz strikt unterschieden werden. Ein Verb ist dann weder bloß ein Etikett noch das reale Geschehen selbst, sondern ein sprachlicher Aktivitätsindex, der in einem expliziten Kontext einen systemischen Record eröffnet. Die vier Quadranten strukturieren Zweck oder Bewegungsregime, Fluss, Transformation und Ergebnis. Die M-Q-M-Zeitdimensionen beschreiben Dauer, Periode und historische Entwicklung; grammatische Tempora beschreiben dagegen die sprachliche Zeitperspektive. Beide Ebenen müssen zusammengeführt, aber nicht gleichgesetzt werden. Das Demonstrationskorpus aus 80 Records zeigt die domänenübergreifende Reichweite und zugleich die notwendige Kontextsensitivität. Unternehmens- und Logistikverben besitzen überwiegend intentionale Q3-Strukturen, Pflanzenverben funktionale und Physikverben nicht-intentionale Regimestrukturen. Das Lemma allein determiniert weder Systemgrenze noch Quadrantensemantik. Der vorgeschlagene M-Q-M-Verb-Aktivitätsraum macht diese Abhängigkeiten explizit und ergänzt bestehende lexikalische, frame-semantische und temporale Ressourcen um eine zyklische Systemfunktion.

Der Ansatz ist derzeit ein konzeptionelles Arbeitsmodell. Seine wissenschaftliche Tragfähigkeit entscheidet sich an klaren Annotierungsregeln, formaler Operationalisierung, offenen Datensätzen und unabhängiger empirischer Prüfung. Gerade in dieser vorsichtigen Form eröffnet er jedoch eine aussichtsreiche Forschungsrichtung: semantische Datenräume nicht nur als Sammlungen beschriebener Objekte, sondern als versionierte Netze sprachlich zugänglicher Aktivitäten, Ereignisse und Wirkungen zu gestalten.

Anhang A: Verbliste des Demonstrationskorpus

Tabelle A1: Die 80 Records des Demonstrationskorpus; wegen Mehrfachvorkommen ergeben sich 77 verschiedene Lemmata.

Unternehmen	Logistik	Pflanze	Physik
Heizen	Avisieren	Keimen	Beschleunigen
Planen	Annehmen	Wurzeln	Abbremsen
Entscheiden	Entladen	Wachsen	Fallen
Beschaffen	Kontrollieren	Austreiben	Kreisen
Verhandeln	Identifizieren	Photosynthetisieren	Rotieren
Produzieren	Kennzeichnen	Atmen	Rollen
Montieren	Sortieren	Transpirieren	Gleiten
Prüfen	Einlagern	Absorbieren	Schwingen
Instandhalten	Umlagern	Assimilieren	Pendeln
Lagern	Inventarisieren	Transportieren	Strömen
Kommissionieren	Kommissionieren	Verzweigen	Diffundieren
Transportieren	Konsolidieren	Blühen	Konvektieren
Verkaufen	Verpacken	Befruchten	Expandieren
Beraten	Verladen	Fruchten	Kontrahieren
Dokumentieren	Routen	Bilden	Kollidieren
Analysieren	Disponieren	Verbreiten	Reflektieren
Entwickeln	Transportieren	Abwehren	Brechen
Koordinieren	Zustellen	Signalisieren	Streuen
Führen	Retournieren	Speichern	Beugen
Schulen	Verzollen	Überdauern	Tunneln

Anhang B: Beispielhafte Ereignisgeschichte „speichern“

Die folgende Folge zeigt, wie ein einzelnes Verb über Ereignisstatus, Tempus und Quadranten hinweg unterschieden werden kann. Sie ist eine modellhafte Illustration und kein empirischer Logauszug.

Phase	sprachliche Beschreibung	Tempus und Status	M-Q-M-Lesart
t0 – Spezifikation	„Das System wird Daten speichern.“	Futur I; geplant/erwartet	Q3: Ziel und Speicherauftrag; noch kein Ereignistoken
t1 – Bereitstellung	„Die Daten werden übertragen.“	Präsens/Passiv; beobachtet	Q2: Datenfluss, Kanal, Energie, Zeit
t2 – Transformation	„Der Controller codiert und schreibt die Daten.“	Präsens; laufend	Q1: Code, Adressierung, Schreibregel, Fehlerprüfung
t3 – Ergebnis	„Das System hat die Daten gespeichert.“	Perfekt; bestätigt	Q4: Datei/Block/Bestand, Prüfsumme, Status
t4 – Rückkopplung	„Der Bestand wird in der nächsten Planung berücksichtigt.“	Präsens/Futurbezug	Q4 → Q3 oder Q4 → Q2 eines Folgesystems

Literatur und Projektquellen

Allen, J. F. (1983). Maintaining knowledge about temporal intervals. Communications of the ACM, 26(11), 832–843. https://doi.org/10.1145/182.358434

Allgemeine Ontologie der Ereignisse. Erster konzeptioneller Entwurf für Daten- und Wissensräume komplexer Systeme. Version 0.1. (2026). Projektmanuskript.

Baker, C. F., Fillmore, C. J., & Lowe, J. B. (1998). The Berkeley FrameNet Project. In Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 17th International Conference on Computational Linguistics, Vol. 1 (pp. 86–90). https://doi.org/10.3115/980845.980860

Davidson, D. (1969). The individuation of events. In N. Rescher (Ed.), Essays in honor of Carl G. Hempel (pp. 216–234). Reidel.

Die Ausprägungen von Zeit, Raum, Modus im M-Q-M. (2026). Projektpapier.

Ein typisiertes, rückgekoppeltes Simulationsmodell für das M-Q-M-Modell: Hierarchische Zustände, Kopplungsoperatoren und UML-Architektur. Korrigierte Fassung. (2026). Entwurfsartikel.

Foundations of Data, Knowledge and Event Spaces. Core Theory Specification (CTS), Version 1.0 – Scientific Draft. (2026). Vortragsskript und Living Scientific Specification.

Guizzardi, G., Wagner, G., Falbo, R. A., Guizzardi, R. S. S., & Almeida, J. P. A. (2013). Towards ontological foundations for the conceptual modeling of events. In Conceptual Modeling – ER 2013 (LNCS 8217, pp. 327–341). Springer.

Henrich, V., & Hinrichs, E. (2010). Standardizing Wordnets in the ISO Standard LMF: Wordnet-LMF for GermaNet. In Proceedings of COLING 2010 (pp. 456–464).

Herre, H., Heller, B., Burek, P., Hoehndorf, R., Loebe, F., & Michalek, H. (2007). General Formal Ontology: A foundational ontology integrating objects and processes. Part I: Basic principles. Onto-Med, Universität Leipzig.

Klein, W. (1994). Time in language. Routledge.

Kowalski, R., & Sergot, M. (1986). A logic-based calculus of events. New Generation Computing, 4, 67–95.

M-Q-M_Aktivitaeten_20_Verben. (2026). Arbeitsdatensatz: 20 unternehmerische Verben mit Q3-Q2-Q1-Q4-Zerlegung [Excel-Arbeitsmappe].

M-Q-M_Logistik_20_Verben. (2026). Arbeitsdatensatz: 20 logistische Verben mit Q3-Q2-Q1-Q4-Zerlegung [Excel-Arbeitsmappe].

M-Q-M_Pflanzliche_Aktivitaeten_20_Verben. (2026). Arbeitsdatensatz: 20 pflanzliche Aktivitäten mit Q3-Q2-Q1-Q4-Zerlegung [Excel-Arbeitsmappe].

M-Q-M_Physikalische_Bewegungen_20_Verben. (2026). Arbeitsdatensatz: 20 physikalische Bewegungsverben mit Q3-Q2-Q1-Q4-Zerlegung [Excel-Arbeitsmappe].

M-Q-M-Wissensbasis für systemische Analyse, Modellierung und Simulation. Überarbeitete Dokumentation als Wissensbasis für einen Agent Skill. (2026). Projekt-dokument.

Pustejovsky, J., Castaño, J. M., Ingria, R., Saurí, R., Gaizauskas, R. J., Setzer, A., Katz, G., & Radev, D. R. (2003). TimeML: Robust specification of event and temporal expressions in text. In New Directions in Question Answering (pp. 28–34). AAAI Press.

Reimers, N., Dehghani, N., & Gurevych, I. (2018). Event time extraction with a decision tree of neural classifiers. Transactions of the Association for Computational Linguistics, 6, 77–89. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00006

Ramm, W. (2010). Tempus. In Leibniz-Institut für Deutsche Sprache: Grammatisches Informationssystem grammis. https://doi.org/10.14618/eurogramm

Seite_12. (2026). Arbeitsmappe zu Achsen, Ebenen, Zuordnungen, Mereologie, Konkretisierungen und Klassen des M-Q-M.

Silvano, P., Leal, A., Ogrodniczuk, M., Tomaszewska, A., Gomes, J., Cunha, L. F., Amorim, E., Lewandowska, M., Śliwicka, A., & Jorge, A. (2026). Fables-DTR: A corpus of fables annotated for discourse and temporal relations. In Proceedings of the Fifteenth Language Resources and Evaluation Conference (pp. 1856–1868). https://doi.org/10.63317/5buqgd55dy3e

Verhagen, M. (2009). Temporal annotation and representation. Language and Linguistics Compass, 3(2), 517–536. https://doi.org/10.1111/j.1749-818X.2008.00116.x

Vom Datentyp zum mehrdimensionalen Datenobjekt: Struktur-, Dimensions-, semantischer, systemischer und organisationaler Beschreibungsraum. (2026). Manuskriptfassung „Publikation_2026-09-20“.