

Friktion

Grenzsignal endlicher Tragfähigkeit in subjektiven, intersubjektiven und funktional-empirischen Domänen

Abstract

Dieses Paper entwickelt Friktion als epistemischen Strukturbegriff für Stabilität unter endlichen Bedingungen. Friktion wird nicht als bloße Störung, technischer Reibungsverlust oder Widerlegung verstanden, sondern als Grenzsignal: Sie zeigt an, wo Stabilisierung unter Belastung nur noch mit wachsendem oder überproportional steigendem Aufwand möglich ist.

Ausgehend von der Unterscheidung subjektiver, intersubjektiver und funktional-empirischer Domänen wird Friktion als Diagnosegröße für Geltung unter Last bestimmt. Sie macht Grenzen sichtbar, übersetzt Belastung in Kostenprofile und zeigt im Verlauf, welche Stabilisierungsmuster tragfähig bleiben, transformiert, begrenzt oder aufgegeben werden müssen. Grenzen werden dabei strikt funktional verstanden: nicht als ontologische Schranken, sondern als Marker begrenzter Tragfähigkeit konkreter Modelle, Routinen, Institutionen oder technischer Verfahren.

Das Paper unterscheidet Friktion von Störung, Anomalie, Falsifikation und Revision. Nicht jede Schwierigkeit ist Friktion, und nicht jede Friktion bedeutet, dass ein Modell falsch ist. Friktion entsteht dort, wo eine aktivierte Erwartungs- oder Modellstruktur unter Vollzugsbedingungen nicht passend trägt. Sie kann auf Überdehnung, falsche Domänenzuordnung, veränderte Belastungslagen oder Kopplungsfehler zwischen Erscheinung, Modell und Kontext hinweisen.

Auf dieser Grundlage entwickelt das Paper eine Typologie subjektiver, intersubjektiver, funktional-empirischer und kreuzdomänischer Friktionsformen. Es zeigt, wie technische, organisatorische, rechtliche und KI-basierte Systeme Friktion häufig nicht beseitigen, sondern verschieben, verdecken oder beschleunigt umverteilen. Abschließend wird Friktionskompetenz als Design- und Diagnoseprinzip eingeführt: Systeme sollen Friktion nicht maximal eliminieren, sondern so lesbar, zurechenbar und bearbeitbar halten, dass Stabilität unter Belastung geprüft, begrenzt oder transformiert werden kann.

Keywords

Friktion, Stabilität, Grenzsignal, Kostenprofil, Selektion im Verlauf, Epistemik, relative Realität, Modellabhängigkeit, Modellgrenzen, Friktionskompetenz, Künstliche Intelligenz

Stefan Rapp

Independent Researcher

Last revised: 27 May 2026

<https://orcid.org/0009-0004-0847-9164>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18434648>

Epistemic Reality Project: <https://www.epistemics.de>

© 2026 Stefan Rapp — Licensed under CC BY-NC-ND 4.0

Inhaltsverzeichnis

1. Warum Friktion ein Grundbegriff ist.....	3
2. Minimaldefinition: Friktion als Grenzsinal endlicher Tragfähigkeit.....	4
3. Drei Realitätsdomänen als Analyseachsen.....	7
4. Die Funktionslogik der Friktion.....	9
4.1 Grenze.....	9
4.2 Kosten.....	9
4.3 Selektion im Verlauf.....	10
4.4 Verlaufsmuster und Kopplungsdiagnose.....	11
5. Typologie: Formen der Friktion.....	12
5.1 Subjektive Friktion.....	12
5.2 Intersubjektive Friktion.....	12
5.3 Funktional-empirische Friktion.....	13
5.4 Kreuzdomänen-Friktion und Externalisierung.....	13
6. Friktion in Wissenschaft und Modellbildung.....	14
6.1 Entitätenfokus und Grenzfokus als konkurrierende Suchheuristiken.....	14
6.2 Friktion als Selektions- und Transformationskriterium wissenschaftlicher Modelle.....	15
7. Physikalische Grenzbegriffe, mathematische Unschärfe und die Ontologisierung harter Grenzen.....	17
8. Friktion in Technik, Organisation, Recht und KI.....	20
9. Fehlformen der Friktionsverarbeitung: Vermeidung, Verlagerung, Friktionsüberhöhung.....	22
10. Praktische Leitlinien: Friktionskompetenz als Designprinzip.....	23
11. Friktion als Bedingung belastbarer Ordnung.....	25
Begriffskanon dieses Papers.....	26
Literatur.....	30
Appendix A: Didaktische Veranschaulichung des Friktionsbegriffs.....	31

1. Warum Friktion ein Grundbegriff ist

Viele zentrale Konflikte moderner Gesellschaften haben eine gemeinsame Struktur, auch wenn sie sich in sehr unterschiedlichen Feldern zeigen: Eine Ordnung, ein Modell, eine Routine oder eine Institution beansprucht Stabilität, gerät unter Belastung und zeigt dabei Grenzen ihrer Tragfähigkeit. Was im Alltag oft nur als „Störung“, „Widerstand“ oder „Problem“ erscheint, kann genauer als Friktion gelesen werden: als Zeichen dafür, dass eine bisher tragende Stabilisierung nicht mehr selbstverständlich trägt, sondern zäh, aufwendig oder instabil wird.

Friktion bezeichnet dabei keine Reibung einer Welt an sich. Sie tritt innerhalb epistemischer Realität auf, also dort, wo Erkenntnis-, Orientierungs- oder Handlungssysteme Wirklichkeit nicht einfach abbilden, sondern durch Unterscheidung, Stabilisierung, Modellbildung und Erwartung tragfähig machen. Friktion entsteht, wenn eine solche Stabilisierung unter Belastung nicht mehr passend trägt und nur noch mit wachsendem Aufwand aufrechterhalten werden kann. Sie bezeichnet damit eine im Vollzug sichtbar werdende Nicht-Passung epistemischer Stabilisierung.

Dieses Paper vertritt eine klare These: Friktion ist nicht der Gegner von Ordnung, sondern eine Bedingung belastbarer Ordnung. Der Grund dafür liegt in der Endlichkeit jeder Stabilisierung. Eine Ordnung kann nur dann als tragfähig gelten, wenn sie unter Belastung nicht sofort zerfällt, sondern ihre Grenzen, Kosten und Anpassungsbedingungen sichtbar werden lässt. Friktion macht genau diese Sichtbarkeit möglich. Sie zeigt, wo Stabilität noch trägt, wo sie nur noch unter wachsendem Aufwand trägt und wo eine Verschiebung, Begrenzung oder Transformation erforderlich wird.

Ohne Friktion gäbe es keine lesbaren Grenzen, keine Entscheidungserzwingung und keine stabile Selektion von Modellen, Normen, Routinen oder Technologien. Friktion macht sichtbar, dass Stabilität nie kostenfrei ist. Sie muss durch Energie, Aufmerksamkeit, Legitimität, Koordination, Ressourcen und fortlaufende Ordnungsleistung getragen werden. Entscheidend ist daher nicht, Friktion grundsätzlich zu vermeiden, sondern sie so zu lesen, dass die Kosten und Grenzen einer Stabilisierung erkennbar bleiben.

Zugleich wird Friktion hier ausdrücklich nicht ontologisch überhöht. Sie ist kein Urprinzip, kein metaphysisches Grundelement und keine Eigenschaft der Wirklichkeit an sich. Friktion ist eine Funktionsbeschreibung: ein Signal, das dort erscheint, wo Stabilität beansprucht wird und endliche Tragfähigkeit vorliegt. Damit ist Friktion in einem begrenzten Sinn allgemein, aber nicht absolut. Allgemein, weil sie überall dort auftreten kann, wo Stabilisierung unter Belastung steht. Begrenzt, weil sie nichts zur Wirklichkeit hinzufügt, sondern sichtbar macht, wo eine bestehende Ordnung ihre Tragfähigkeit nur noch unter steigenden Kosten behaupten kann.

2. Minimaldefinition: Friktion als Grenzsinal endlicher Tragfähigkeit

Die Arbeitsdefinition dieses Papers lautet:

Friktion ist die epistemisch lesbare Nicht-Passung einer aktivierten Erwartungs- oder Modellstruktur unter Vollzugsbedingungen.

Diese Nicht-Passung wird friktionsrelevant, wenn sie die Tragfähigkeit eines Stabilisierungsmusters unter Belastung sichtbar macht: als steigender Aufwand, als Widerstand, als ausbleibende Stützung, als erwartete Begrenzung, als Fehlkopplung oder als wachsender Koordinationsbedarf.

Der Ausdruck „Grenze“ bezeichnet dabei einen wichtigen Spezialfall solcher Nicht-Passung und wird im Folgenden strikt funktional verwendet. Er bezeichnet keine ontologische Unmöglichkeit und keine Grenze der Wirklichkeit an sich, sondern die kostenbezogene Begrenzung eines konkreten Stabilisierungsmusters unter Belastung.

Friktion bezeichnet damit zunächst Nicht-Passung innerhalb endlicher Stabilisierung unter Belastung. Epistemisch relevant wird sie dort, wo stabilisierte Ordnungen als Modelle, Routinen, Institutionen, Erwartungen oder technische Verfahren geführt, geprüft oder aufrechterhalten werden (Rapp 2026b; Rapp 2026e; Rapp 2026i). Friktion operiert damit auf zwei Ebenen: allgemein als Belastungsdynamik endlicher Stabilisierung und im engeren epistemischen Sinn als Diagnosesignal modellfähiger Ordnungen.

Diese Definition ist bewusst minimal gehalten. Sie beschreibt Friktion weder als Ursache noch als eigenständiges Ding oder isoliertes Ereignis, sondern als ein Signal, das dort auftritt, wo ein System unter relevanter Belastung versucht, seine Stabilität aufrechtzuerhalten. Friktion bezeichnet damit keinen Schaden und keine Störung an sich, sondern den Punkt oder Bereich, an dem Stabilisierung nur noch unter wachsendem Aufwand möglich ist oder zu scheitern beginnt.

Drei funktionale Elemente sind dafür entscheidend:

- (1) **Stabilitätsraum.** Es existieren Regeln, Invarianzen oder Mechanismen, durch die etwas als stabil gilt, etwa Kohärenz im Erleben, Vertrauen und Erwartungssicherheit in sozialen Ordnungen oder reproduzierbare Wirksamkeit in technischen und empirischen Systemen.
- (2) **Belastung.** Diese Stabilität wird durch Anforderungen beansprucht, etwa durch Stress, Konflikte, Skalierung, Ressourcenknappheit, Widerspruch oder Zeitdruck. Belastung ist dabei nicht außergewöhnlich, sondern der Normalfall endlicher Systeme.
- (3) **Grenzsinal.** Unter hinreichender Belastung treten Anzeichen auf, dass die Tragfähigkeit des Systems erreicht oder überschritten wird. Diese Anzeichen äußern sich typischerweise als nichtlinear steigender Aufwand, Verzögerung, Fehlerraten, nicht passend getragene Erwartungsstrukturen oder Kosteneskalation.

Entscheidend ist der Signalcharakter: Friktion ist Information über die Kosten der Stabilisierung unter Last. Sie zeigt an, wo ein System seine Stabilität verliert oder nur noch um den Preis überproportional steigender Aufwände aufrechterhalten werden kann. Diese Kosten müssen nicht vollständig messbar oder quantitativ bestimmbar sein. Sie können sich qualitativ, rekonstruktiv oder vergleichend zeigen, etwa als steigende Komplexität, wachsende Koordinationslast, Aufmerksamkeitsbindung, Legitimationsverlust, Ressourcenverbrauch oder Fehlerrate.

Nicht jede Schwierigkeit oder Irritation stellt Friktion dar. Von Friktion wird hier nur dort gesprochen, wo eine aktivierte Erwartungs- oder Modellstruktur unter Vollzugsbedingungen nicht passend trägt und dadurch die Tragfähigkeit eines Stabilisierungsmusters sichtbar belastet wird. Diese Nicht-Passung kann sich als steigender Aufwand, als Widerstand, als ausbleibende Stützung, als erwartete Begrenzung, als Fehlkopplung oder als wachsender Koordinationsbedarf zeigen. Zufällige Störungen, singuläre Fehler oder kurzfristige Irritationen ohne Stabilitätsanspruch fallen nicht unter diesen Begriff.

Damit unterscheidet sich Friktion von verwandten Begriffen. Eine Störung kann punktuell auftreten, ohne ein strukturelles Kostenprofil sichtbar zu machen. Widerstand bezeichnet eine Nicht-Passung oder Gegenkraft, aber noch nicht notwendig die Grenze eines Stabilisierungsmusters. Konflikt ist eine mögliche intersubjektive Erscheinungsform von Friktion, aber nicht mit ihr identisch. Eine Anomalie ist ein wissenschaftlicher Spezialfall von Modellspannung. Falsifikation markiert einen Geltungsverlust unter spezifischen wissenschaftlichen Bedingungen. Revision ist eine mögliche Reaktion auf Friktion, nicht Friktion selbst.

Friktion ist damit weder ein Ereignis noch ein Zustand und auch kein kausaler Wirkfaktor, sondern eine relationale Diagnosegröße. Sie wird sichtbar, wo eine aktivierte Erwartungs- oder Modellstruktur im Vollzug an die Tragfähigkeit eines Stabilisierungsmusters gebunden ist und unter Belastung Kosten, Grenzen oder Fehlkopplungen sichtbar werden. Friktion erklärt nicht unmittelbar, warum ein System scheitert oder stabil bleibt, sondern zeigt an, wo und unter welchen Bedingungen die Geltung bestehender Stabilisierungsmuster unter Druck gerät.

Friktion als Nicht-Passung im Vollzug epistemischer Stabilisierung

Ein relationales Diagnoseereignis

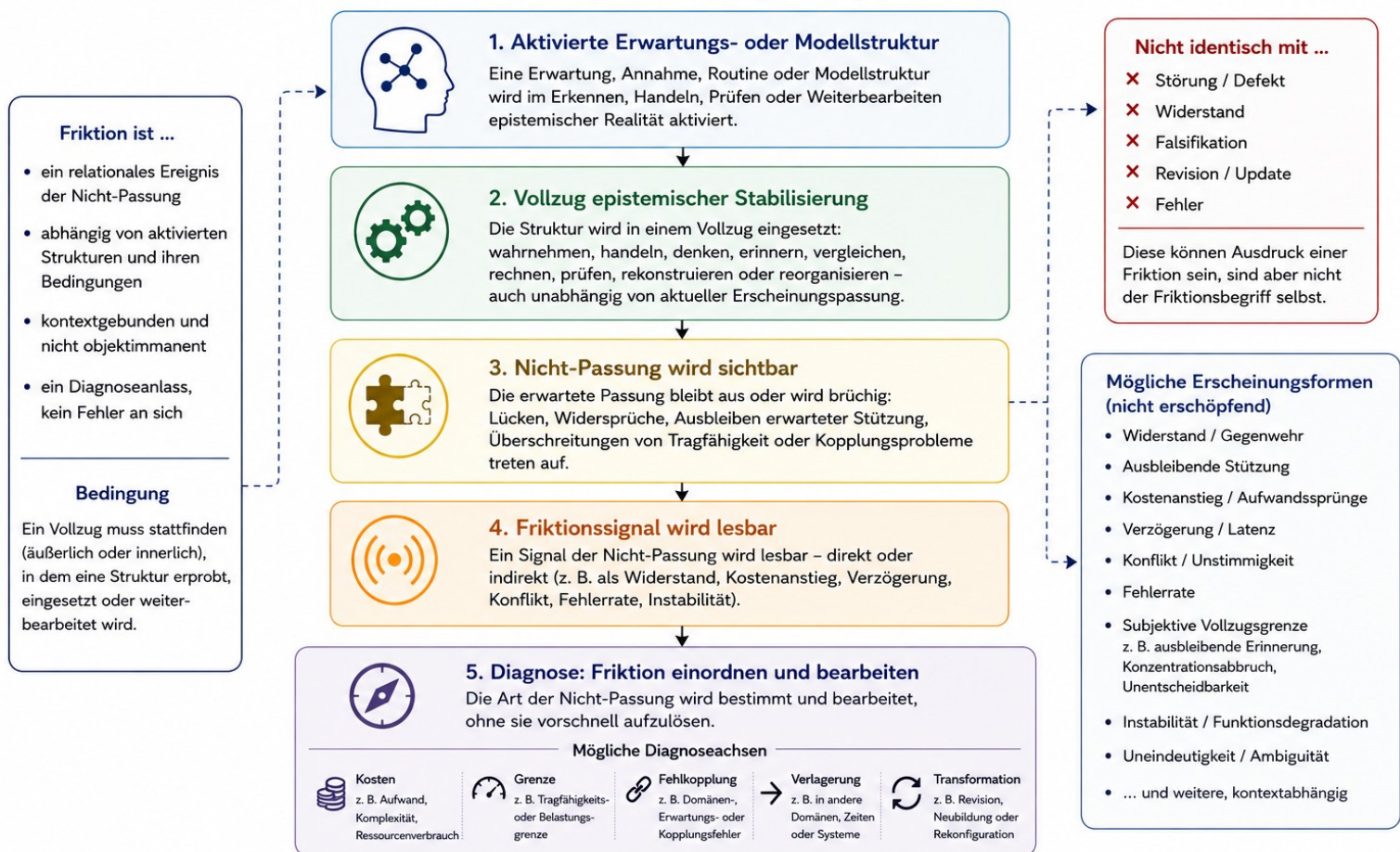


Abb. 1: Friktion als relationales Diagnoseereignis. Friktion entsteht nicht durch ein Objekt, Ereignis oder Symptom allein, sondern dort, wo eine aktivierte Erwartungs- oder Modellstruktur im Vollzug nicht passend trägt. Widerstand, ausbleibende Stützung, Kostenanstieg oder Fehlkopplung sind mögliche Erscheinungsformen, nicht der Friktionsbegriff selbst.

3. Drei Realitätsdomänen als Analyseachsen

Um den Friktionsbegriff präzise anzuwenden, bedarf es einer klaren Unterscheidung der Kontexte, in denen Friktion lesbar wird. Friktion tritt nicht überall auf dieselbe Weise auf, weil Stabilität nicht überall nach denselben Kriterien trägt. Innere Kohärenz, soziale Erwartbarkeit und reproduzierbare Wirksamkeit sind unterschiedliche Formen von Stabilität. Sie können belastet werden, aber sie werden nicht auf dieselbe Weise belastet, geprüft oder wiederhergestellt.

Dieses Paper unterscheidet dafür drei Realitätsdomänen, die nicht ontologisch zu verstehen sind, sondern als analytische Achsen dienen. Sie bezeichnen keine getrennten Wirklichkeitsbereiche und keine letzte Einteilung der Realität, sondern unterschiedliche Prüfregime von Stabilität (Rapp 2026a; Rapp 2026c). In der subjektiven Domäne wird Stabilität an innerer Kohärenz, Entscheidbarkeit und Sinnintegration lesbar. In der intersubjektiven Domäne wird sie an Erwartbarkeit, Vertrauen, Legitimität und Koordination lesbar. In der funktional-empirischen Domäne wird sie an reproduzierbarer Wirksamkeit unter Widerstand lesbar.

Diese Domänen sind mit der Theorie relativer Realität anschlussfähig (Rapp 2026h), werden in diesem Paper jedoch nicht als eigenständige Realitätsontologie verwendet. Ihre Funktion ist methodisch: Sie sollen verhindern, dass Friktion dort falsch gelesen oder falsch bearbeitet wird, wo sie auftritt. Viele theoretische und praktische Konflikte entstehen, weil Friktion in einer Domäne sichtbar wird, aber mit den Mitteln einer anderen Domäne erklärt, bewertet oder gelöst werden soll.

(1) Subjektive Domäne (Erleben).

In der subjektiven Domäne bezeichnet Stabilität die innere Kohärenz von Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Entscheidbarkeit und Sinnintegration. Friktion zeigt sich hier, wenn erwartete Erinnerungs-, Konzentrations-, Entscheidungs- oder Orientierungsleistungen im Vollzug nicht passend tragen. Solche Vollzugsabbrüche, Spannungen oder Unentscheidbarkeiten sind daher nicht schon als solche Friktion, können aber Grenzsignale einer Nicht-Passung zwischen subjektiver Fähigkeitserwartung und tatsächlicher Vollzugstragfähigkeit sein.

(2) Intersubjektive Domäne (soziale Ordnung).

In der intersubjektiven Domäne besteht Stabilität in geteilten Erwartungen, Vertrauen, Legitimität und der Verlässlichkeit institutioneller Arrangements. Friktion äußert sich hier als Konfliktverdichtung, Vertrauensverlust, Koordinationsprobleme oder Legitimationskrisen. Charakteristisch ist, dass Friktion in dieser Domäne selten lokal bleibt, sondern sich systemisch ausbreiten und hohe Folgekosten erzeugen kann.

(3) Funktional-empirische Domäne (Wirksamkeit unter Widerstand).

Die funktional-empirische Domäne betrifft die Stabilität von Systemen, die an reproduzierbarer Wirksamkeit gemessen wird. Gemeint sind technische, organisatorische, rechnerische oder physikalische Systeme, deren Leistungsfähigkeit sich unter realen Widerständen bewähren muss. Friktion zeigt sich hier als Kapazitätsgrenze, Leistungsabfall, Fehlerrate, Energie- oder Ressourcenbedarf sowie als nichtlinear steigender Wartungs- oder Steuerungsaufwand. Der Begriff „empirisch“ bezeichnet dabei nicht exklusiv naturwissenschaftliche Messpraxis, sondern allgemein die Überprüfung von Wirksamkeit unter belastenden Bedingungen.

Die Unterscheidung dieser drei Domänen dient nicht der Trennung von Wirklichkeitsarten, sondern der präzisen Zuordnung von Friktion. Wird Friktion domänenfremd interpretiert oder bearbeitet, entstehen typische Fehlentwicklungen: subjektive Nicht-Passung wird als individuelles Versagen moralisiert, soziale Legitimationsprobleme werden als technische Effizienzfragen behandelt, oder funktionale Grenzen werden als bloße Einbildung abgetan. Die Domänendifferenzierung ermöglicht es dagegen, Friktion zunächst dort zu lesen, wo sie entsteht, ihre Kopplungen sichtbar zu halten und zu prüfen, wann sie in andere Domänen verschoben oder falsch bewertet wird.

4. Die Funktionslogik der Friktion

Friktion markiert den Bereich, in dem die Geltung eines Stabilisierungsmusters unter Belastung in Druck gerät. Sie ist das primäre Signal dafür, dass bestehende Setzungen diagnostisch überprüft werden müssen, bevor Revision erfolgt (Rapp 2026g). Friktion erzwingt selbst keine Anpassung, sondern eröffnet den Entscheidungsraum zwischen fortgesetzter Stabilisierung, selektiver Modifikation, begrenzter Rekopplung und strukturellem Wechsel.

Friktion erzwingt jedoch weder Wahrnehmung noch Bearbeitung. Ihr diagnostischer Wert entsteht erst, wenn sie als Signal gelesen, einer Stabilisierung zugeordnet und im Verhältnis zu Kosten, Grenzen oder Fehlkopplungen bewertet wird.

Dabei zeigt Friktion nicht unmittelbar, dass ein Modell, eine Ordnung oder eine Routine falsch ist. Sie zeigt zunächst nur, dass eine bestehende Stabilisierung unter bestimmten Belastungsbedingungen nicht mehr passend trägt. Die angemessene Reaktion hängt davon ab, wodurch die Friktion entsteht: durch eine tatsächliche Grenze des Modells, durch Überdehnung, durch falsche Zuordnung, durch domänenfremde Bearbeitung, durch veränderte Belastung oder durch einen Kopplungsfehler innerhalb eines komplexeren Modellzusammenhangs. Friktion ist deshalb zuerst ein Diagnoseanlass, nicht schon ein Urteil.

4.1 Grenze

Friktion macht Grenzen sichtbar. Gemeint sind keine formalen Verbote und keine Grenzen der Wirklichkeit an sich, sondern Punkte oder Bereiche, an denen Stabilisierung unter Belastung nicht mehr linear funktioniert. Charakteristisch ist, dass geringe zusätzliche Beanspruchung unverhältnismäßig große Auswirkungen auf Kohärenz, Leistungsfähigkeit oder Koordination hat.

In vielen Kontexten werden solche Grenzphänomene vorschnell ontologisch gedeutet, als Hinweis auf prinzipielle Unmöglichkeit oder auf „Grenzen der Welt“. Diese Deutung wirkt epistemisch entlastend, weil sie weitere Analyse- und Anpassungsprozesse beendet. Friktion selbst entscheidet diese Frage jedoch nicht. Sie zeigt lediglich an, dass Stabilität unter den gegebenen Bedingungen nur noch mit steigenden Kosten oder gar nicht mehr aufrechterhalten werden kann. Ob es sich dabei um eine externe Unmöglichkeit, eine Grenze aktueller Stabilisierung, eine Fehlzusammenhang oder einen Übergang in ein anderes Modellierungsregime handelt, bleibt eine offene Frage weiterer Diagnose.

Friktion schützt damit vor zwei vorschnellen Deutungen. Einerseits darf Friktion nicht sofort als bloße Störung abgetan werden. Andererseits darf sie nicht als endgültige Grenze der Wirklichkeit an sich gedeutet werden. Ihr epistemischer Wert liegt gerade darin, dass sie die Grenze einer Stabilisierung sichtbar macht, ohne schon festzulegen, wie diese Grenze zu deuten ist.

4.2 Kosten

Friktion übersetzt Grenzphänomene in Kosten. Kosten sind hier nicht auf monetäre Größen beschränkt, sondern bezeichnen jeden zusätzlichen Aufwand, der erforderlich wird, um Stabilität gegen Belastung zu erhalten. Sie können sich als Zeitbedarf, Energieeinsatz, Aufmerksamkeitsbindung, Koordinationsaufwand, Ressourcenverbrauch, Legitimationsverlust, steigende Komplexität, Fehlerraten oder wachsende Steuerungslast äußern.

Entscheidend ist nicht die Existenz von Kosten an sich, sondern ihre Dynamik. Stabilität ist nie kostenfrei. Von Friktion wird jedoch erst dort gesprochen, wo Kosten unter wiederholter oder steigender Belastung überproportional anwachsen und damit anzeigen, dass ein Stabilisierungsmuster an seine Tragfähigkeitsgrenze gelangt. Friktion macht sichtbar, dass steigender Aufwand ein zentrales Diagnosekriterium begrenzter Tragfähigkeit ist.

Ein Kostenprofil muss dabei nicht vollständig messbar oder quantitativ bestimmbar sein. Es kann qualitativ, rekonstruktiv oder vergleichend erfasst werden. Entscheidend ist, dass sich ein strukturierter Verlauf zeigt: Eine Stabilisierung wird nicht einfach nur schwieriger, sondern ihre Aufrechterhaltung bindet zunehmend mehr Ressourcen, Aufmerksamkeit, Koordination, Legitimität oder technische Kontrolle. Friktion bezeichnet diese zunehmende Kostenspannung im Verhältnis zu einem beanspruchten Stabilitätskern.

4.3 Selektion im Verlauf

Unter wiederholter Belastung werden unterschiedliche Kostenprofile sichtbar. Stabilisierungsmuster, die unter relevanter Belastung geringe oder kontrollierbare Zusatzkosten erzeugen, bleiben tragfähig. Stabilisierungsmuster, deren Kosten eskalieren, verlieren an Stabilität, werden begrenzt, transformiert oder ersetzt.

Diese Selektionswirkung ist nicht als intentionaler, darwinistischer oder teleologischer Mechanismus zu verstehen. Sie bezeichnet eine minimale Logik endlicher Stabilisierung: Nicht jede Ordnung kann unter steigenden Kosten unverändert weitergetragen werden. Wiederholte Beanspruchung in Verbindung mit unterschiedlichen Kostenverläufen führt dazu, dass bestimmte Strukturen bestehen bleiben, während andere angepasst, entlastet, verschoben oder aufgegeben werden.

Der Ausdruck „Verlauf“ ist hier bewusst vorzuziehen, weil Friktion nicht auf eine naiv vorausgesetzte äußere Zeitbühne angewiesen ist. Gemeint sind geordnete Veränderungsmuster innerhalb endlicher Stabilisierung: Stabilisierung, Belastung, Veränderung und Reorganisation werden im Vollzug unterscheidbar, ohne dass Zeit als ontologische Grundgröße vorausgesetzt werden muss. Wenn im Folgenden von früher, später, plötzlich oder allmählich gesprochen wird, sind damit Verlaufsmuster innerhalb epistemischer Stabilisierung gemeint, nicht Eigenschaften einer unabhängig gesetzten Zeit an sich.

Auf diese Weise verbindet Friktion Möglichkeit und Wirklichkeit funktional: Wirklich wirksam bleiben jene Strukturen, die unter relevanter Friktion tragfähig sind oder ihre Form so verändern können, dass Anschlussfähigkeit erhalten bleibt. Dafür ist keine ontologische Festlegung darüber erforderlich, was „an sich“ existiert. Entscheidend ist, welche Stabilisierung unter Belastung weiter trägt, welche sich transformieren muss und welche ihre Geltung verliert.

4.4 Verlaufsmuster und Kopplungsdiagnose

Friktion zeigt nicht nur, dass Stabilisierung unter Druck gerät. Sie zeigt auch, wie diese Belastung verläuft. Das Verlaufsmuster der Friktion kann deshalb diagnostisch relevant sein.

Graduell zunehmende Friktion spricht eher dafür, dass ein grundsätzlich passendes Modell, eine Routine oder eine Ordnung an eine Belastungsgrenze gelangt. In solchen Fällen steigen die Kosten allmählich: mehr Aufwand, mehr Abstimmung, mehr Zusatzannahmen, mehr Kontrolle oder mehr Energie werden nötig, um dieselbe Stabilität aufrechtzuerhalten. Die angemessene Reaktion kann dann in Begrenzung, Entlastung, lokaler Modifikation oder struktureller Revision bestehen.

Sprunghaft auftretende oder unverhältnismäßig starke Friktion spricht dagegen eher dafür, dass nicht das Modell selbst langsam an seine Grenze kommt, sondern eine falsche Zuordnung, ein falscher Kontext oder eine fehlerhafte Kopplung vorliegt. Ein tragfähiges Modell kann auf den falschen Fall angewendet werden; ein tragfähiges Teilmodell kann in einem komplexeren Zusammenhang falsch aktiviert oder falsch eingebunden sein. Was zunächst wie Widerlegung erscheint, kann dann eine Fehlkopplung sein.

Damit erweitert sich die Friktionsdiagnose, ohne den Friktionsbegriff selbst zu verändern. Friktion zeigt nicht unmittelbar, dass ein Modell falsch ist. Sie zeigt zunächst, dass eine Stabilisierung unter Belastung nicht mehr passend trägt. Erst die weitere Diagnose entscheidet, ob das Problem im Modell, in seiner Reichweite, in seiner Domäne, im Kontext, in der Kopplung seiner Teilmodelle oder in einer veränderten Belastungslage liegt.

5. Typologie: Formen der Friktion

Die folgenden Formen der Friktion sind nicht als vollständig getrennte Phänomene zu verstehen. Sie bezeichnen unterschiedliche Weisen, in denen Belastungsgrenzen innerhalb der drei Analyseachsen sichtbar werden. In konkreten Fällen können sie ineinandergreifen, sich gegenseitig verstärken oder ineinander verschoben werden. Die Typologie dient daher nicht der starren Klassifikation, sondern der präziseren Diagnose.

5.1 Subjektive Friktion

Subjektive Friktion bezeichnet die Nicht-Passung zwischen einer aktivierten Erwartung an die eigene Erkenntnis-, Erinnerungs-, Konzentrations-, Entscheidungs- oder Orientierungsfähigkeit und dem tatsächlichen subjektiven Vollzug. Sie entsteht nicht bereits dadurch, dass das Erkenntnisssystem operativ begrenzt ist. Solche Grenzen können im kognitiven Selbstbild bereits stabil integriert sein und dann erwartungsgemäß auftreten.

Frikionsrelevant wird eine subjektive Grenze erst dort, wo eine Fähigkeit erwartet wird, die im Vollzug nicht passend trägt. Jemand erwartet etwa, sich an eine frühere Situation gut erinnern zu können, merkt aber im Erinnerungsversuch, dass ihm nichts einfällt. Jemand erwartet, sich auf einen Text konzentrieren zu können, verliert aber wiederholt den Faden. Oder jemand erwartet, eine Rechnung im Kopf ausführen zu können, stellt aber im Vollzug fest, dass die eigene Rechenfähigkeit nicht trägt.

Subjektive Friktion zeigt daher nicht einfach, dass das Erkenntnisssystem begrenzt ist. Sie zeigt, dass eine subjektive Erwartungs- oder Selbstbildstruktur unter gegebenen Vollzugsbedingungen nicht passend trägt. Gerade deshalb dürfen solche Erfahrungen nicht als bloße Gefühle abgetan werden: Sie können Grenzschnale einer Nicht-Passung zwischen kognitivem Selbstbild, aktivierter Fähigkeitserwartung und tatsächlicher Vollzugstragfähigkeit sein.

5.2 Intersubjektive Friktion

Intersubjektive Friktion betrifft geteilte Erwartungen, Vertrauen, Legitimität und soziale Ordnung. Sie tritt dort auf, wo gemeinsame Bezugnahmen, institutionelle Verfahren oder normative Erwartungen nur noch mit wachsendem Koordinations- und Legitimationsaufwand stabil gehalten werden können. Typische Erscheinungsformen sind:

- Konfliktspiralen, Vertrauensverlust
- Legitimitätskrisen, Verantwortungsdiffusion
- Normüberdehnung, Regel-Inflation, Sanktionsstau

Friktion ist in dieser Domäne häufig besonders folgenreich, weil sie selten rein lokal bleibt. Ein Vertrauensbruch, eine Legitimationskrise oder eine dauerhafte Verantwortungsdiffusion kann ganze Erwartungsräume destabilisieren, auch wenn die funktional-empirische Infrastruktur noch intakt ist.

5.3 Funktional-empirische Friktion

Funktional-empirische Friktion betrifft Systeme, deren Stabilität an reproduzierbarer Wirksamkeit unter Widerstand gemessen wird. Hier liegt der klassische Fall von „Reibung“ am nächsten, allerdings erweitert auf technische, organisatorische, rechnerische und physikalische Zusammenhänge. Typische Erscheinungsformen sind:

- Energiebedarf, Entropieeffekte, Materialermüdung
- Kapazitätsgrenzen, Engpässe, Wartungsaufwand
- Rechenkomplexität, Latenz, Fehlerraten

Ein moderner Spezialfall ist digitale Friktion. Skalierung erzeugt hier nicht nur steigende Kosten, sondern häufig neue Fehlerklassen: Sicherheitsrisiken, Drift, Abhängigkeit von Infrastruktur, Kopplungsprobleme zwischen Systemen oder schwer erkennbare Folgekosten automatisierter Prozesse.

5.4 Kreuzdomänen-Friktion und Externalisierung

Besonders relevant wird Friktion dort, wo ihre Primärdomäne, ihre Kopplungen und ihre Bearbeitung nicht sauber unterschieden werden. Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden:

Kreuzdomänen-Friktion und Externalisierung.

Kreuzdomänen-Friktion entsteht, wenn Friktion in einer Domäne auftritt, aber mit den Begriffen, Erwartungen oder Lösungsmustern einer anderen Domäne bewertet wird. Subjektive Friktion kann dann als individuelles Versagen moralisiert werden. Soziale Legitimationsprobleme können als bloße Effizienzprobleme behandelt werden. Funktionale Grenzen können als Einbildung, Unwilligkeit oder Kommunikationsproblem missverstanden werden. In solchen Fällen wird Friktion nicht verlagert, sondern domänenfremd gedeutet und dadurch falsch bearbeitbar gemacht.

Externalisierung bezeichnet dagegen die Verschiebung von Friktion in andere Domänen, andere Akteure oder spätere Zeitpunkte. Viele Systeme „lösen“ Friktion, indem sie sie verlagern:

- Subjektive Friktion wird in soziale Friktion übersetzt: Eine innere Nicht-Passung erscheint nach außen als Aggression, Rückzug oder Konflikt.
- Soziale Friktion wird in funktionale Friktion übersetzt: Bürokratie ersetzt Vertrauen durch Kontrolle und erzeugt dadurch Prozesskosten.
- Funktionale Friktion wird in subjektive Friktion übersetzt: Technikversagen, Komplexität oder Systeminstabilität werden als Dauerstress erlebt.

Externalisierung ist nicht per se falsch. Sie kann notwendig sein, weil kein System alle Friktion an Ort und Stelle bearbeiten kann. Problematisch wird sie dort, wo sie unsichtbar bleibt. Dann entsteht lokal der Eindruck von Friktionsfreiheit, während global neue Instabilität aufgebaut wird. Die entscheidende Frage lautet daher nicht, ob Friktion verschoben wird, sondern ob ihre Verschiebung sichtbar, zurechenbar und bearbeitbar bleibt.

6. Friktion in Wissenschaft und Modellbildung

Wissenschaftliche Modellbildung ist ein besonders präziser Anwendungsfall des Friktionsbegriffs (Giere 2006; Hacking 1983; Parker 2020; van Fraassen 1980). Modelle werden nicht nur entwickelt, um Phänomene zu ordnen, sondern auch Belastungen ausgesetzt: Messungen, Replikationen, Grenzfälle, konkurrierende Modelle, technische Anwendungen oder unerwartete Befunde prüfen, ob eine Stabilisierung trägt. Friktion wird hier dort sichtbar, wo ein Modell nicht einfach widerlegt ist, aber unter zunehmender Belastung wachsende Kosten erzeugt: zusätzliche Annahmen, steigende Komplexität, sinkende Erklärungsrendite, Parameter-Tuning oder fragile Anschlussfähigkeit.

6.1 Entitätenfokus und Grenzfokus als konkurrierende Suchheuristiken

Ein großer Teil wissenschaftlicher Forschung ist historisch durch einen impliziten Entitätenfokus geprägt. Erkenntnis wird dabei primär als Identifikation, Präzisierung oder Ontologisierung stabiler Einheiten verstanden, etwa von Teilchen, Feldern, Strukturen oder Mechanismen. Dieser Fokus war dort erfolgreich, wo neue stabile Regime erschlossen wurden und sich robuste Invarianzen herausbildeten. In Grenzbereichen jedoch kann sich seine heuristische Leistungsfähigkeit umkehren.

Gerade in der Nähe vermeintlicher Grenzen werden Entitäten zunehmend spekulativ, während die eigentlichen Erkenntnissignale in Form von Instabilitäten, Nichtlinearitäten, Kosteneskalationen oder Modellspannungen auftreten. Wissenschaftliche Umbrüche zeigen sich daher häufig nicht nur als Entdeckung neuer Dinge, sondern als Reorganisation bestehender Beschreibungsregime (Godfrey-Smith 2006; Kuhn 1962). Die entscheidenden Impulse gehen dabei oft von Grenzphänomenen aus, nicht von der erfolgreichen Stabilisierung zusätzlicher Entitäten.

Der wissenschaftliche Realismus neigt dazu, solche Grenzphänomene als Defizite bestehender Theorien zu lesen, die durch Erweiterung, Verfeinerung oder Ergänzung ontologischer Annahmen behoben werden sollen. Damit kann sich der Forschungsfokus auf die Rettung bestehender Stabilisierungsmuster verschieben, während die Friktion selbst als bloße Störung behandelt wird. Diese Priorisierung ist methodologisch nicht zwingend, sondern stellt eine historisch gewachsene Suchheuristik dar.

Demgegenüber erlaubt ein Grenzfokus eine alternative Suchstrategie. Grenzbereiche werden hier nicht als Abbruchstellen verstanden, sondern als epistemisch verdichtete Zonen, in denen sich die Tragfähigkeit bestehender Modelle unter Belastung entscheidet. Friktion fungiert in diesem Rahmen nicht als Signal des bloßen Scheiterns, sondern als Hinweis darauf, wo Suchräume erweitert, Beschreibungen transformiert oder neue Regime in Betracht gezogen werden sollten. Entitäten erscheinen dann nicht als primäre Erkenntnisziele, sondern als lokale Stabilisierungsergebnisse innerhalb bestimmter Kosten- und Geltungsbereiche.

Diese Umgewichtung impliziert keinen Anti-Realismus. Sie verschiebt lediglich die methodologische Priorität: Statt ontologische Festlegungen frühzeitig zu maximieren, werden Grenzphänomene systematisch als Suchindikatoren genutzt. In diesem Sinn erweist sich Friktion nicht nur als Diagnoseinstrument, sondern als orientierende Größe wissenschaftlicher Exploration. Gerade in Grenzbereichen kann Erkenntnis dann weniger durch die Vermehrung von Entitäten entstehen als durch die reflektierte Bearbeitung jener Grenzen, an denen bestehende Stabilisierungsmuster ihre Tragfähigkeit verlieren.

6.2 Friktion als Selektions- und Transformationskriterium wissenschaftlicher Modelle

Wissenschaftliche Erkenntnis lässt sich als organisierte Friktionskultur verstehen: Modelle werden absichtlich Belastungen ausgesetzt, damit Grenzen sichtbar werden. Friktion kann dabei nicht nur auftreten, sondern auch methodisch herbeigeführt werden: durch erneute Prüfung früherer Annahmen, durch Vergleich, durch Suche nach Widersprüchen oder durch Reaktivierung suspendierter offener Punkte. Experimente, Replikationen, Messkonflikte, Grenzfälle und konkurrierende Theorien erzeugen Situationen, in denen ein Modell zeigen muss, ob es unter Last tragfähig bleibt.

Friktion tritt hier etwa auf als:

- Anomalien, Replikationsprobleme, Messkonflikte (Kuhn 1962; Oreskes, Shrader-Frechette, and Belitz 1994)
- Modellüberdehnung, Parameter-Tuning, Ad-hoc-Rettungen
- wachsende Komplexität, sinkende Erklärungsrendite
- instabile Zuordnungen zwischen Teilmodellen, Messpraxis und theoretischer Deutung

Entscheidend ist: Nicht jede Friktion ist Widerlegung. Manche Friktionen sind Transformationssignale, andere zeigen Überdehnung, falsche Zuordnung oder unklare Kopplung an. Eine Anomalie ist daher nicht schon Falsifikation, sondern zunächst ein Friktionssignal innerhalb eines bestimmten Modellierungszusammenhangs. Falsifikation bezeichnet erst einen spezifischen Geltungsverlust unter wissenschaftlich geregelten Bedingungen (Popper 1959; Rapp 2026d). Revision wiederum ist eine mögliche Reaktion auf Friktion, nicht Friktion selbst.

Die zentrale Frage lautet daher nicht sofort, ob ein Modell falsch ist. Zuerst ist zu prüfen, welche Art von Friktion vorliegt: Trifft sie den Kern des Modells, seine Reichweite, seine Kopplung an Messverfahren, seine Zuordnung zu einem Phänomen oder nur eine lokale Hilfsannahme? Ein Modell kann Friktion produktiv integrieren, solange seine Kostenstruktur nicht eskaliert und seine Anschlussfähigkeit nicht zerstört wird. Wird seine Stabilisierung dagegen nur noch durch wachsende Komplexität, Ad-hoc-Rettungen oder unkontrollierte Zusatzannahmen aufrechterhalten, zeigt Friktion eine Grenze seiner Tragfähigkeit an.

Damit wird Friktion zu einem präzisen Kriterium gegen zwei Fehler:

- naiver Realismus: „Wenn es messbar ist, ist es real.“
- naiver Relativismus: „Wenn es modellabhängig ist, ist es beliebig.“

Friktion zeigt: Modellabhängigkeit ist unvermeidlich, aber nicht beliebig, weil Kostenprofile unter Belastung selektieren (Goodman 1978; Putnam 1981). Modelle stehen nicht außerhalb epistemischer Stabilisierung, aber sie sind auch nicht frei austauschbar. Ihre Tragfähigkeit zeigt sich daran, wie sie Belastung aufnehmen, Grenzen sichtbar machen, Friktion integrieren oder unter steigenden Kosten transformiert werden müssen.

Der epistemische Nutzen des Friktionsbegriffs liegt daher nicht in der Erklärung neuer Phänomene, sondern in der besseren Steuerung bestehender Erkenntnisprozesse. Friktion erlaubt es, Grenzen von Modellen, Theorien und Institutionen funktional zu diagnostizieren, ohne sie vorschnell als Widerlegung oder als bloße Störung zu missdeuten. Dadurch werden zwei systematische Fehlentwicklungen vermieden: die dogmatische Stabilisierung überdehnter Modelle durch steigende Komplexität sowie der vorschnelle Abbruch tragfähiger Ansätze aufgrund falsch interpretierter Belastungssignale. Friktion fungiert damit als mittlere Ebene zwischen Falsifikation und Beliebigkeit: Sie macht Kosten sichtbar, bevor epistemische Entscheidungen irreversibel werden.

7. Physikalische Grenzbegriffe, mathematische Unschärfe und die Ontologisierung harter Grenzen

In der intuitiven Deutung physikalischer Theorien gilt die Physik häufig als Domäne harter, objektiver Grenzen. Lichtgeschwindigkeit, absolute Nulltemperatur, Planck-Skalen oder Singularitäten erscheinen als eindeutige Schranken dessen, was möglich ist. Diese Vorstellung prägt nicht nur populäre Physikbilder, sondern bildet eine zentrale Quelle unseres ontologischen Realitätsverständnisses: Die Welt erscheint als durch feste, objektiv gesetzte Grenzen strukturiert, unabhängig von Modellierung, Kosten oder Erkenntnisbedingungen. Genau diese Intuition ist epistemisch riskant, weil sie Modellgrenzen, Grenzwerte und reale Unmöglichkeiten vorschnell ineinander schiebt.

Die folgenden Überlegungen dienen nicht der Kritik physikalischer Theorien als solcher, sondern der exemplarischen Veranschaulichung des Friktionsbegriffs in einem besonders präzisen Anwendungsfeld. Die Physik wird hier als paradigmatischer Fall gewählt, weil ihre formalen Grenzbegriffe Friktion besonders deutlich sichtbar machen. Die Analyse beansprucht weder eine physikalische Neubewertung noch eine ontologische Entscheidung. Sie untersucht vielmehr, wie mathematisch präzise Grenzstrukturen epistemisch gelesen werden: als reale Unmöglichkeit, als Modellgrenze, als asymptotischer Grenzwert oder als Hinweis auf einen möglichen Regimewechsel.

In diesem Sinne werden physikalische Grenzbegriffe als besonders präzise Fälle jener Nicht-Passung lesbar, in der Modellerwartungen unter Grenzbedingungen nicht mehr selbstverständlich tragen.

Der Begriff der Grenze bezeichnet im Folgenden keine ontologische Schranke der Wirklichkeit, sondern eine funktionale Markierung jener Belastungsniveaus, ab denen die Stabilisierung eines Modells nur noch unter nichtlinear steigenden Kosten möglich ist. Auch der Ausdruck „Ontologisierung“ wird hier nicht im Sinne einer Ontologie verwendet (Rapp 2026f). Gemeint ist die Stabilisierung von Grenzmarkierungen zu scheinbar festen Bezugseinheiten. Problematisch wird diese Ontologisierung dort, wo mathematische oder modelltheoretische Grenzformen als endgültige Wirklichkeitsgrenzen gelesen werden.

Physikalische Theorien messen keine Grenzen im Sinne ontologischer Endpunkte. Empirisch zugänglich sind endliche Größen, Trends, Skalierungen und Stabilitätsverläufe unter endlichen Bedingungen. Grenzwerte erscheinen dabei als idealisierte Bezugspunkte, die empirisch nur asymptotisch angenähert werden können. Was experimentell sichtbar wird, sind nicht absolute Schranken, sondern charakteristische Regime, in denen Aufwand, Instabilität oder Inkonsistenz stark und nichtlinear anwachsen.

An dieser Stelle greift üblicherweise die Mathematik als Präzisionsanker. Während physikalische Modellbeschreibungen häufig heuristisch oder sprachlich unterbestimmt bleiben, wird von der mathematischen Formulierung erwartet, dass sie die entscheidende Präzision liefert. In Grenzbereichen jedoch stößt auch diese Erwartung an eine Grenze. Die mathematischen Formalismen der Physik sind syntaktisch präzise, aber semantisch unterbestimmt. Sie produzieren Divergenzen, Singularitäten oder Grenzwerte, ohne formal zu kennzeichnen, ob diese als reale Unmöglichkeiten, bloße Modellgrenzen, asymptotische Idealisierungen oder Übergänge in neue theoretische Domänen zu lesen sind.

Ein paradigmatisches Beispiel ist die Relativitätstheorie. Setzt man in ihre Formeln für ein massives Teilchen die Lichtgeschwindigkeit ein, divergieren die entsprechenden Ausdrücke formal gegen unendliche Werte. Diese Divergenz wird häufig verkürzt als Aussage interpretiert, dass zur Erreichung der Lichtgeschwindigkeit „unendlich viel Energie“ erforderlich sei. Physikalisch handelt es sich dabei jedoch nicht um eine Aussage über reale Unendlichkeiten, sondern um das asymptotische Grenzverhalten eines Modells. Die Nichterreichbarkeit ist nicht allein durch die mathematische Divergenz als solche kodiert, sondern wird erst durch die physikalische Interpretation des Modells bestimmt. Die Formel selbst enthält kein Symbol, das zwischen formaler Divergenz, physikalischer Realisierbarkeit und Modellgrenze unterscheidet.

Diese semantische Unterbestimmtheit ist kein Sonderfall der Relativitätstheorie. In der Thermodynamik markiert die absolute Nulltemperatur einen Grenzwert, der mathematisch definiert, aber nicht erreichbar ist. In der Allgemeinen Relativität treten Singularitäten auf, deren physikalische Bedeutung ungeklärt bleibt. In der Quantenfeldtheorie erscheinen Divergenzen, die erst durch Renormierung handhabbar werden. In all diesen Fällen liefert die Mathematik präzise Rechenstrukturen, aber keine eindeutige Weltbedeutung der Grenzwerte. Die Physik ist hier nicht ungenau im Sinne falscher Rechnungen, sondern epistemisch unterbestimmt in der expliziten Kennzeichnung der Bedeutung ihrer Grenzbegriffe.

Aus dieser semantischen Unterbestimmtheit ergibt sich die verbreitete Tendenz, mathematische Grenzstrukturen ontologisch zu lesen. Divergenzen und Grenzwerte werden dabei als Eigenschaften der Welt selbst interpretiert, obwohl sie zunächst funktionale Marker der Modellgrenzen darstellen. Was als Friktion eines theoretischen Rahmens erscheint, wird so in eine vermeintlich objektive Schranke der Wirklichkeit umgedeutet. Diese Verschiebung begünstigt ontologisch realistische Lesarten physikalischer Modellgrenzen, in denen physikalische Theorien als unmittelbare Beschreibungen der Welt verstanden werden, während die epistemische Rolle von Modellierung, Kosten und Stabilisierung in den Hintergrund tritt.

Eine solche Deutung ist epistemisch nicht hinreichend abgesichert. Physikalische Theorien sind historisch selbst das Ergebnis von Regimewechseln. Die Relativitätstheorie ersetzte die newtonsche Mechanik nicht einfach deshalb, weil eine harte Grenze der Welt entdeckt wurde, sondern weil sich Friktionen an den Rändern der alten Theorie häuften und neue Stabilisierungsmuster erforderlich machten. Aus dieser Geschichte folgt nicht, dass heutige physikalische Grenzbegriffe bloß provisorisch oder falsch wären. Sie zeigt aber, dass auch hochstabile Theorien ihre Grenzbereiche nicht selbst abschließend ontologisch deuten. Ob Grenzverhalten asymptotisch bleibt, in einen Abbruch übergeht oder neue Dynamiken freisetzt, bleibt eine Frage weiterer Modellierung, Messung und theoretischer Stabilisierung.

Genau an dieser Stelle gewinnt der Friktionsbegriff seine Reichweite. Friktion bezeichnet nicht das Ende der Wirklichkeit, sondern das Ende oder die Belastungsgrenze der tragfähigen Stabilisierung eines Modells unter gegebenen Bedingungen. Sie markiert Kosteneskalationen, Nichtlinearitäten und Selektionspunkte, ohne ontologische Letztentscheidungen zu erzwingen. Friktion in physikalischen Modellzusammenhängen unterscheidet sich damit nicht durch ihre Grundlogik von subjektiver oder intersubjektiver Friktion, sondern durch die Art der Kosten, die sichtbar werden: Messaufwand, mathematische Instabilität, theoretische Inkonsistenz, technische Unzugänglichkeit oder Regimewechsel.

Die explizite Auflösung der Vorstellung harter physikalischer Grenzen ist daher keine Relativierung der Physik, sondern eine Präzisierung ihres epistemischen Status. Sie macht sichtbar, dass die Physik kein Sonderfall jenseits des Friktionsansatzes ist, sondern dessen stabilster Anwendungsfall. Gerade weil physikalische Modelle hochpräzise sind, zeigen ihre Grenzbereiche besonders deutlich, dass Ordnung nicht durch absolute Schranken entsteht, sondern durch selektierte Stabilisierung unter steigenden Kosten. In diesem Sinn bildet die Physik keinen Gegenpol zur Friktion, sondern einen besonders anspruchsvollen Belastungstest des Friktionsbegriffs.

8. Friktion in Technik, Organisation, Recht und KI

In technischen, organisatorischen und rechtlichen Systemen tritt Friktion besonders deutlich zutage, wird jedoch häufig missverstanden. Typisch ist der Versuch, lokale Friktion gezielt zu reduzieren, um Effizienz, Geschwindigkeit, Verlässlichkeit oder Steuerbarkeit zu erhöhen. Solche Optimierungen erzeugen jedoch regelmäßig neue Belastungen an anderer Stelle. Friktion verschwindet nicht einfach, sondern wird umverteilt, verdichtet oder in weniger sichtbare Bereiche verlagert.

Der gemeinsame Punkt dieser Systeme besteht darin, dass sie Stabilität durch Verfahren, Regeln, technische Infrastruktur oder automatisierte Abläufe herstellen. Dadurch können lokale Friktionskosten sinken. Entscheidungen werden schneller, Abläufe standardisierter, Verantwortlichkeiten formalisiert oder Prozesse berechenbarer. Zugleich entstehen neue Kostenprofile: steigender Koordinationsaufwand, Wartungsbedarf, Kontrolllast, Abhängigkeit von Infrastruktur, Verantwortungsdiffusion oder Legitimationsprobleme.

In Organisationen zeigt sich Friktion als steigender Koordinationsaufwand, als Verdichtung von Kontroll- und Abstimmungsprozessen oder als langsamer werdende Entscheidungsfähigkeit. In rechtlichen Systemen äußert sie sich in Vollzugskosten, Durchsetzungsproblemen oder im Spannungsverhältnis zwischen Normklarheit und praktischer Umsetzbarkeit. Problematisch wird Friktion dort, wo sie politisch oder institutionell unsichtbar gemacht wird. Entscheidungen erscheinen dann als objektive Sachzwänge oder als bloße Einzelfälle, obwohl sie in Wirklichkeit Kostenprofile verschieben und Stabilisierungsmuster verändern.

Bürokratie als Fall systematischer Friktionsverlagerung

Bürokratische Systeme lassen sich als institutionelle Reaktionen auf intersubjektive Friktion verstehen. Wo Vertrauen, geteilte Erwartungen oder informelle Koordination nicht mehr stabil tragen, werden Regeln, Verfahren und Kontrollmechanismen eingeführt, um Ordnung aufrechtzuerhalten. Kurzfristig kann dies intersubjektive Friktion reduzieren, indem Entscheidungsspielräume eingeschränkt, Zuständigkeiten formalisiert und Verantwortlichkeiten dokumentiert werden.

Diese Friktionsreduktion ist jedoch nicht kostenfrei. Die entlastete intersubjektive Domäne erzeugt wachsende funktional-empirische Friktion in Form von Prozessverzögerungen, Koordinationsaufwand, Regelinflation und administrativer Komplexität. Zugleich kann Bürokratie die explorative Dynamik eines Systems schwächen: Sie bindet nicht nur vorhandene Ressourcen, sondern erschwert auch das Erschließen neuer Ressourcen, weil Abweichung, Initiative und experimentelle Suchbewegungen entmutigt oder formal überlastet werden. Wird diese Verschiebung nicht explizit reflektiert, entsteht der Eindruck objektiver Sachzwänge, obwohl es sich um eine Umverteilung von Friktion handelt. Bürokratische Überdehnung ist in diesem Sinn kein moralisches Versagen, sondern ein strukturelles Resultat unsichtbar gewordener Friktionsverlagerung.

Technische Automatisierung und die Illusion lokaler Friktionsfreiheit

Technische Automatisierung reduziert häufig lokale Friktion in Arbeits-, Entscheidungs- oder Koordinationsprozessen. Tätigkeiten werden schneller, konsistenter und scheinbar reibungslos ausführbar. Diese Effizienzgewinne erzeugen jedoch regelmäßig neue Friktionsformen an anderer Stelle.

Typisch ist eine Verlagerung funktional-empirischer Friktion in erhöhte Abhängigkeit von Infrastruktur, Wartung, Energiebedarf, Schnittstellenstabilität oder Fehleranfälligkeit. Zugleich verschiebt sich intersubjektive Friktion in Fragen von Verantwortung, Kontrolle, Haftung und Vertrauen. Subjektiv kann sich diese Dynamik als Entlastung mit nachgelagerten Kosten äußern, etwa durch Übervertrauen in technische Systeme, Verlust situativer Kompetenz oder erhöhte Abhängigkeit von undurchsichtigen Verfahren. Automatisierung hebt Friktion daher nicht auf, sondern reorganisiert sie. Friktion wird dadurch häufig weniger sichtbar, nicht geringer.

Künstliche Intelligenz als Fall beschleunigter Friktionsverlagerung

Künstliche Intelligenz wird im Folgenden nicht als eigenständiger Sonderfall behandelt, sondern als beschleunigtes und verdichtetes Beispiel allgemeiner Friktionsverlagerung. Der Einsatz künstlicher Intelligenz lässt sich als systematische Reduktion lokaler Friktion in Entscheidungs-, Koordinations- und Wissensprozessen beschreiben. Aufgaben, die zuvor zeit-, aufwands- oder konfliktintensiv waren, werden scheinbar reibungslos automatisiert, delegiert oder vorstrukturiert. Diese Friktionsreduktion bedeutet jedoch keine Kostenfreiheit, sondern eine Verschiebung der Kostenprofile bei zugleich erhöhter Geschwindigkeit und geringerer Lesbarkeit.

Funktional-empirische Friktion tritt in Form von Rechen-, Energie-, Daten-, Wartungs- und Integrationskosten auf. Intersubjektive Friktion verlagert sich in Fragen von Verantwortung, Haftung, Vertrauen, Legitimität und Nachvollziehbarkeit. Subjektive Friktion zeigt sich etwa in Übervertrauen, Kontrollillusion, Kompetenzverlust oder kognitiver Entlastung mit späteren Folgekosten. Künstliche Intelligenz erzeugt damit nicht völlig neue Grundformen von Friktion, sondern beschleunigt bekannte Friktionsmuster und macht ihre Verlagerung schwerer erkennbar.

Der besondere Punkt künstlicher Intelligenz liegt daher in der Verbindung von lokaler Friktionsreduktion, erhöhter Systemgeschwindigkeit und verringerter Transparenz. Wo Entscheidungen, Texte, Klassifikationen oder Handlungsvorschläge automatisch erzeugt werden, sinkt häufig die unmittelbare Anstrengung. Zugleich steigen die Anforderungen an Prüfung, Verantwortungszuordnung, Kontextsensibilität und Fehlerdiagnose. Gerade dadurch entsteht eine zugespitzte Form epistemischer Belastung: Friktion wird nicht aufgehoben, sondern in die nachgelagerte Kontrolle, Interpretation und Verantwortungsstruktur verschoben.

Die Analyse dieses Mechanismus beschränkt sich hier bewusst auf die begriffliche Einordnung. Weitergehende Dynamiken und Risiken beschleunigter Friktionsverlagerung, insbesondere in lernenden technischen Systemen, bleiben eigenständiger Untersuchung vorbehalten.

9. Fehlformen der Friktionsverarbeitung: Vermeidung, Verlagerung, Friktionsüberhöhung

Die folgenden Fehlformen sind strikt funktional zu verstehen. Sie bezeichnen keinen moralischen Mangel, keine politische Fehlentscheidung und keine individuelle Schuld, sondern langfristig instabile Formen epistemischer oder institutioneller Architektur relativ zu expliziten Stabilitätszielen. Problematisch wird ein Umgang mit Friktion dort, wo steigende Kosten, blockierte Revision oder verdeckte Verlagerung systematisch die Tragfähigkeit bestehender Stabilisierung unter endlichen Bedingungen untergraben.

Drei Fehlformen sind besonders typisch.

(1) Friktionsvermeidung.

Friktion wird grundsätzlich als störend, ineffizient oder vermeidbar behandelt. Ziel ist dann, Reibung möglichst vollständig zu eliminieren. Das Ergebnis ist häufig keine echte Stabilisierung, sondern eine Verdeckung von Grenzsignalen. Instabilitäten bleiben zunächst unsichtbar, weil die Signale, an denen Belastungsgrenzen erkennbar würden, unterdrückt oder geglättet werden.

(2) Friktionsverlagerung.

Friktion wird lokal reduziert, aber systematisch in andere Domänen, andere Akteure oder spätere Zeitpunkte verschoben. Das Ergebnis ist scheinbare Effizienz bei wachsender Gesamtbelastung. Besonders problematisch wird diese Fehlform, wenn die Verlagerung nicht sichtbar bleibt: Dann erscheint ein System lokal friktionsarm, während es andernorts Legitimationskosten, subjektive Belastungen, Prozesslasten oder funktionale Instabilität erzeugt.

(3) Friktionsüberhöhung.

Hohe Friktion wird als Beweis von Ernsthaftigkeit, Wahrheit, Tiefe oder moralischer Überlegenheit behandelt. Dann gilt nicht mehr die Lesbarkeit von Grenzen als entscheidend, sondern die Härte der Belastung selbst. Das Ergebnis sind unnötige Erschwerung, blockierte Innovation, moralisiertes Leiden oder die Stabilisierung von Strukturen gerade deshalb, weil sie hohe Kosten erzeugen.

Das Kriterium gegen alle drei Fehlformen ist einfach: Friktion darf weder grundsätzlich eliminiert noch unreflektiert verlagert noch um ihrer selbst willen gesteigert werden. Sie muss so sichtbar, zurechenbar und bearbeitbar bleiben, dass Stabilisierung unter Belastung geprüft, begrenzt oder transformiert werden kann.

10. Praktische Leitlinien: Friktionskompetenz als Designprinzip

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Fehlformen zeigen, dass Friktion weder grundsätzlich eliminiert noch unreflektiert verlagert oder überhöht werden sollte. Daraus folgt keine normative Sollenslehre, sondern eine funktionale Design- und Diagnosefrage: Wie müssen Systeme gebaut, beobachtet oder gesteuert werden, damit Friktion unter Belastung sichtbar, zuordenbar und bearbeitbar bleibt?

Die folgenden Leitlinien sind als Design- und Diagnoseprinzipien zu verstehen, nicht als moralische oder politische Letztregeln. Sie beschreiben Bedingungen, unter denen Systeme Friktion so verarbeiten können, dass langfristige Stabilität unter Belastung möglich bleibt, unabhängig von konkreten Wertsetzungen.

Friktionskompetenz bedeutet: Systeme so zu bauen, zu beobachten oder zu steuern, dass Friktion früh, domänengemäß und zurechenbar sichtbar wird. Ihr Ziel ist nicht maximale Friktionsreduktion, sondern die kontrollierte Lesbarkeit von Belastungsgrenzen.

Minimalprinzipien:

1. **Lesbarkeit vor Optimierung.**

Friktion sollte zuerst erkannt, verstanden und zugeordnet werden, bevor sie reduziert wird. Optimierung ohne Friktionsdiagnose erzeugt häufig verdeckte Kosten.

2. **Domänenkorrektheit.**

Friktion muss zunächst ihrer primären Domäne nach richtig gelesen werden. Ihre Bearbeitung kann jedoch domänenübergreifend erfolgen, sofern die Kopplungsstruktur sichtbar bleibt. Subjektive Friktion kann etwa intersubjektive Unterstützung erfordern, soziale Friktion funktionale Verfahren, funktional-empirische Friktion subjektive oder soziale Entlastung. Problematisch wird Bearbeitung erst dort, wo eine Friktion domänenfremd gedeutet oder ihre Kopplung unsichtbar gemacht wird.

3. **Kostenlesbarkeit.**

Jede Stabilisierung hat Kosten. Verdeckte Kosten wirken wie Instabilitätskredite: Sie entlasten lokal, erzeugen aber spätere oder anderswo auftretende Belastungen.

4. **Zurechenbarkeit.**

Wenn Friktion verteilt oder verlagert wird, muss sichtbar bleiben, wer oder was sie trägt, wodurch sie entsteht und welche Stabilisierung dadurch entlastet wird.

5. **Transformation statt Unterdrückung.**

Friktion kann anzeigen, dass nicht nur ein Parameter angepasst, sondern eine Struktur begrenzt, entlastet, rekoppelt oder transformiert werden muss.

Diagnoseroutine: Friktion systematisch lesen

Die im Paper entwickelten Leitlinien lassen sich in einer einfachen Diagnoseabfolge bündeln. Diese Abfolge ersetzt keine detaillierte Analyse, ermöglicht aber eine erste Orientierung darüber, ob beobachtete Probleme bloße lokale Störungen oder strukturelle Grenzen bestehender Stabilisierungsmuster anzeigen.

(1) Domänenzuordnung und Kopplung.

In welcher Domäne tritt die Friktion primär auf: subjektiv, intersubjektiv oder funktional-empirisch? Welche anderen Domänen sind an ihrer Entstehung, Verschiebung oder Bearbeitung beteiligt?

(2) Stabilitätskern.

Welche Form von Stabilität wird beansprucht: Kohärenz, Vertrauen, Legitimität, Leistungsfähigkeit, Reproduzierbarkeit oder Anschlussfähigkeit?

(3) Kostenprofil.

Wie entwickeln sich die Kosten dieser Stabilisierung unter zunehmender oder wiederholter Belastung? Zeigen sie lineares Wachstum, nichtlineare Eskalation, Kipppunkte oder wiederkehrende Belastungsmuster?

(4) Verlaufsmuster.

Tritt Friktion graduell, sprunghaft oder wiederkehrend auf? Graduelle Friktion spricht eher für Überdehnung oder steigende Stabilisierungskosten. Sprunghafte Friktion kann auf falsche Zuordnung, falschen Kontext oder Kopplungsfehler hinweisen. Wiederkehrende Friktion an derselben Stelle kann eine dauerhafte Schnittstellen- oder Modellgrenze anzeigen.

(5) Verlagerung.

Wohin wird Friktion verschoben, wenn sie lokal reduziert oder unterdrückt wird: in andere Domänen, andere Akteure oder spätere Zeitpunkte?

(6) Reaktionsform.

Welche Reaktion ist angemessen: Fortsetzung der Stabilisierung, lokale Modifikation, Entlastung, Rekopplung, Begrenzung oder strukturelle Transformation?

Friktionskompetenz zeigt sich darin, diese Fragen frühzeitig zu stellen, bevor Kostenprofile irreversible Instabilitäten erzeugen. Sie besteht nicht darin, Friktion zu vermeiden, sondern darin, Friktion so lesbar zu halten, dass Systeme ihre eigenen Belastungsgrenzen erkennen und angemessen bearbeiten können.

11. Friktion als Bedingung belastbarer Ordnung

Friktion ist ein Grundbegriff, weil sie drei Dinge zugleich leistet: Sie markiert Grenzen, sie macht Kosten sichtbar, und sie zeigt, welche Stabilisierungsmuster unter Belastung tragfähig bleiben. Damit wird Friktion zu einer diagnostischen Selektionslogik, durch die offene Möglichkeit in stabile epistemische Wirklichkeitsformen überführt wird, ohne dass dafür ontologische Letztbehauptungen notwendig sind.

Die Pointe ist nüchtern: Ordnung ist nicht der Zustand ohne Friktion. Ordnung ist der Zustand, in dem Friktion so lesbar, zurechenbar und bearbeitbar bleibt, dass Stabilität unter relevanter Belastung tragfähig ist. Friktion zeigt nicht einfach, dass Ordnung scheitert, sondern unter welchen Bedingungen sie trägt, wo sie ihre Kosten verschiebt und wann sie begrenzt oder transformiert werden muss.

Damit wird Friktion vom Störwort zum Diagnosewerkzeug. Ihr epistemischer Wert liegt darin, dass sie Belastungsgrenzen sichtbar macht, ohne sie vorschnell als bloße Störung, als endgültige Widerlegung oder als ontologische Schranke zu deuten. Der hier entwickelte Friktionsbegriff ist deshalb kein metaphorischer Zusatz, sondern ein theoretisches Instrument zur Analyse von Stabilität, Kosten, Selektion und Ordnung in endlichen epistemischen Systemen.

Die weitergehende Frage, wie aus wiederholter Friktionsverarbeitung Bedeutung entsteht, bleibt ein Anschlussproblem. Für dieses Paper genügt der strukturelle Punkt: Stabile epistemische Wirklichkeit entsteht nicht durch Friktionsfreiheit, sondern durch die Fähigkeit endlicher Systeme, Friktion lesbar zu halten, Kostenprofile zu unterscheiden und Stabilisierung unter Belastung zu begrenzen, zu verteilen oder zu transformieren.

Begriffskanon dieses Papers

Der folgende Begriffskanon dient der Stabilisierung zentraler Bedeutungen innerhalb dieses Textes und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder endgültige Systematik. Begriffe, die hier nicht aufgeführt sind, gehören entweder nicht zum Funktionskern dieses Papers oder werden in separaten Arbeiten behandelt.

Der Begriffskanon ist als explizit stabilisierte Referenzbasis zu verstehen. Er bildet den Ausgangspunkt für die begriffliche Arbeit dieses Papers, ist jedoch nicht starr oder dogmatisch. Veränderungen, Präzisierungen oder Erweiterungen des Kanons sind prinzipiell möglich, unterliegen jedoch einer strikten Bedingung: Jede Abweichung, Modifikation oder Erweiterung des Kanons muss ausdrücklich ausgewiesen, lokal begrenzt und begründet erfolgen. Implizite Bedeutungsverschiebungen, stille Erweiterungen oder rückwirkende Umdeutungen sind ausgeschlossen.

Übernahme des Epistemik-Basiskanons

Dieses Paper übernimmt den im Epistemik-Basispaper definierten Begriffskanon als unveränderte Referenzbasis. Die dort eingeführten Begriffe werden ohne Umdeutung und ohne implizite Verschiebung ihrer funktionalen Bedeutung verwendet. Dieses Paper führt keine abweichenden Definitionen der übernommenen Kanonbegriffe ein.

Kanonische Abweichungen oder Modifikationen

Dieses Paper führt keine Abweichungen, Modifikationen oder Refinements des Epistemik-Basiskanons ein. Alle übernommenen Kanonbegriffe werden strikt im Sinne des Basispapers verwendet.

Friktionsspezifische Kanon-Erweiterungen

Dieses Paper führt zusätzlich zum übernommenen Epistemik-Basiskanon einige friktionsspezifische Begriffe ein. Diese Erweiterungen ändern die Bedeutung des Basiskanons nicht, sondern präzisieren abgeleitete Analyse- und Diagnosebegriffe für die Lesbarkeit von Stabilität unter Belastung.

Friktion

Kurzdefinition: Epistemisch lesbare Nicht-Passung einer aktivierten Erwartungs- oder Modellstruktur unter Vollzugsbedingungen.

Funktion: Markiert, wo ein Stabilisierungsmuster unter Belastung nicht mehr passend genug an Erleben, Handlung, Situation oder Orientierung anschließt und dadurch Kosten, Grenzen, Fehlkopplungen oder Transformationsbedarf sichtbar werden.

Abgrenzung: Nicht identisch mit Widerstand, Störung, Fehler, Anomalie, Falsifikation oder Revision. Widerstand ist nur eine mögliche Form, in der Friktion sichtbar wird.

Stabilitätsraum

Kurzdefinition: Konkreter Ordnungszusammenhang, in dem etwas nach bestimmten Kriterien als stabil gilt.

Funktion: Benennt, welche Stabilität unter Belastung geprüft wird und wo Friktion als Grenzsignal lesbar wird.

Abgrenzung: Kein ontologischer Raum und keine eigene Domäne. Domänen bezeichnen basale Prüfmodi von Stabilität; Stabilitätsräume bezeichnen konkrete Ordnungszusammenhänge innerhalb oder zwischen solchen Prüfmodi.

Belastung

Kurzdefinition: Beanspruchung eines Stabilisierungsmusters durch relevante Anforderungen.

Funktion: Beschreibt die Lastbedingungen, unter denen Kosten anwachsen und Grenzen sichtbar werden.

Abgrenzung: Kein Ausnahmezustand; keine moralische oder psychologische Zuschreibung; nicht jede Irritation ist bereits Belastung im friktionsrelevanten Sinn.

Grenzsinal

Kurzdefinition: Epistemisch lesbares Anzeichen einer Tragfähigkeitsgrenze unter Belastung.

Funktion: Markiert den Übergang von linear tragfähiger Stabilisierung zu überproportionalem Aufwand, Stabilitätsverlust oder Transformationsbedarf.

Abgrenzung: Keine ontologische Unmöglichkeit; kein Beweis für harte Grenzen der Welt.

Kostenprofil

Kurzdefinition: Strukturierter Verlauf der Kostenentwicklung unter Belastung.

Funktion: Macht unterschiedliche Tragfähigkeiten von Stabilisierungsmustern vergleichbar und diagnostisch auswertbar.

Abgrenzung: Keine Reduktion auf Geld, Energie oder Messbarkeit; keine vollständige Metrikbehauptung. Kostenprofile können qualitativ, rekonstruktiv, vergleichend oder quantitativ erfasst werden.

Selektion im Verlauf

Kurzdefinition: Nicht-intentionale Wirkung wiederholter Belastung, durch die bestimmte Stabilisierungsmuster persistieren, transformiert oder aufgegeben werden.

Funktion: Erklärt, warum bestimmte Stabilisierungsmuster unter Belastung tragfähig bleiben, während andere begrenzt, verändert, rekoppelt oder aufgegeben werden.

Abgrenzung: Kein darwinistischer, teleologischer oder normativer Mechanismus; keine Voraussetzung einer ontologisch gesetzten äußeren Zeitbühne. Gemeint sind Verlaufsmuster innerhalb geordneter Stabilisierung.

Externalisierung

Kurzdefinition: Verschiebung von Friktion in andere Domänen, Akteure oder spätere Verlaufspunkte.

Funktion: Erklärt scheinbare lokale Friktionsfreiheit bei zugleich wachsender Gesamtbelastung oder globaler Instabilität.

Abgrenzung: Nicht per se Fehlform; wird erst problematisch, wenn sie unsichtbar bleibt, nicht zurechenbar ist oder Revision blockiert.

Kreuzdomänen-Friktion

Kurzdefinition: Friktionseffekte aus domänenfremder Bewertung oder Bearbeitung.

Funktion: Diagnosebegriff für Fälle, in denen Friktion in einer Domäne entsteht, aber mit den Begriffen, Erwartungen oder Lösungsmustern einer anderen Domäne gelesen oder bearbeitet wird.

Abgrenzung: Keine bloße Verschiebung von Friktion, sondern eine Fehluordnung der Bearbeitungsform; kein ontologischer Domänenkonflikt; keine Hierarchisierung von Domänen.

Friktionskompetenz

Kurzdefinition: Fähigkeit, Friktion frühzeitig, domänengemäß, zurechenbar und bearbeitbar lesbar zu halten.

Funktion: Design- und Diagnoseprinzip für Systeme, die Stabilität unter Last erhalten sollen, ohne Friktion unsichtbar zu machen oder falsch zu bearbeiten.

Abgrenzung: Keine normative Tugendlehre; keine moralische Aufladung; kein Prinzip maximaler Friktionsreduktion.

Anschlussfähige Diagnosebegriffe

Die folgenden Begriffe werden in diesem Paper nicht als vollständige kanonische Erweiterungen ausgearbeitet, sind jedoch als Anschlussbegriffe für spätere Arbeiten relevant.

Kopplungsfehler

Kurzdefinition: Friktionsform, bei der nicht notwendig ein Modell selbst scheitert, sondern seine Zuordnung zu einer Erscheinung, Domäne, Situation oder einem Teilmodellzusammenhang falsch stabilisiert wurde.

Funktion: Verhindert die vorschnelle Deutung von Friktion als Modellfehler oder Falsifikation.

Abgrenzung: Kein Ersatz für Modellfehler, Modellüberdehnung oder Revision; vielmehr eine zusätzliche Diagnoseebene zwischen Friktion und möglicher Revision.

Verlaufsmuster der Friktion

Kurzdefinition: Diagnose der Art, wie Friktion innerhalb eines Stabilisierungsverlaufs auftritt, etwa graduell, sprunghaft oder wiederkehrend.

Funktion: Hilft zu unterscheiden, ob Friktion eher auf Belastungsgrenzen, Überdehnung, Fehluordnung, Kopplungsfehler oder dauerhafte Schnittstellenprobleme hinweist.

Abgrenzung: Kein naiver Zeitbegriff; gemeint sind rekonstruierbare Intensitäts- und Wiederholungsmuster innerhalb geordneter Stabilisierung.

Kanonischer Status und Geltungsbereich

Die in diesem Paper eingeführten friktionsspezifischen Begriffe stellen eine explizite kanonische Erweiterung des Epistemik-Rahmens dar. Sie sind für den Geltungsbereich dieses Papers stabilisiert und können in nachfolgenden Arbeiten als Referenzbegriffe verwendet werden, sofern ihre Verwendung ausdrücklich kenntlich gemacht wird.

Die zusätzlich genannten Anschlussbegriffe besitzen in diesem Paper keinen voll ausgearbeiteten kanonischen Status. Sie markieren Diagnosemöglichkeiten, die aus dem Friktionsbegriff hervorgehen, aber in separaten Arbeiten genauer entfaltet werden müssen.

Es erfolgt keine stille Erweiterung, Umdeutung oder rückwirkende Modifikation des Epistemik-Basiskanons. Der Kernkanon bleibt in Bedeutung, Funktion und Abgrenzung unverändert bestehen.

Jede zukünftige Abweichung, Präzisierung oder weitergehende Erweiterung des Kanons unterliegt der im Epistemik-Basispaper festgelegten Metaregel kanonischer Entwicklung. Sie muss explizit ausgewiesen, lokal begrenzt und begründet erfolgen. Implizite Bedeutungsverschiebungen oder informelle Kanonerweiterungen sind ausgeschlossen.

Literatur

- Giere, Ronald N. 2006. *Scientific Perspectivism*. Chicago: University of Chicago Press.
- Godfrey-Smith, Peter. 2006. *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Goodman, Nelson. 1978. *Ways of Worldmaking*. Indianapolis: Hackett.
- Hacking, Ian. 1983. *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, Thomas S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Oreskes, Naomi, Kristin Shrader-Frechette, and Kenneth Belitz. 1994. "Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences." *Science* 263 (5147): 641–646.
- Parker, Wendy S. 2020. *Modeling and Evidence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Popper, Karl R. 1959. *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge.
- Putnam, Hilary. 1981. *Reason, Truth and History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rapp, Stefan. 2026a. *Domänen, Grenzen und Übergangsfunktionen: Zur domänenrelativen Geltung, Migration und Kopplung von Modellen unter endlichen Bedingungen*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19542403>.
- Rapp, Stefan. 2026b. *Epistemik: Modellmanagement unter endlichen Bedingungen*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18441301>.
- Rapp, Stefan. 2026c. *Jenseits von Physik und Metaphysik: Epistemik und die Differenzierung der Realität in subjektive, intersubjektive und funktional-empirische Physik*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18317920>.
- Rapp, Stefan. 2026d. *Kontextuelle und globale Falsifikation wissenschaftlicher Modelle: Eine integrierte Theorie epistemischer Geltung*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17692470>.
- Rapp, Stefan. 2026e. *Kontingenzmechanik: Variation, Stabilisierungsspannung und die Entstehung tragfähiger Ordnung in endlichen Systemen*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20048366>.
- Rapp, Stefan. 2026f. *Ontologisierung als epistemische Grundoperation: Funktionale Stabilisierung, Intersubjektivität und Fehlfunktion*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18346552>.
- Rapp, Stefan. 2026g. *Revision unter endlichen Bedingungen: Eine Theorie der Modelltransformation in der Epistemik*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18935785>.
- Rapp, Stefan. 2026h. *Theorie der relativen Realität: Grade von Realität, Geltung und Stabilität in fragmentierten Wissensumgebungen*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18000647>.
- Rapp, Stefan. 2026i. *Vom Erfahrungsfeld zum Modell: Epistemische Stabilisierung und die Lokalisierung von Unsicherheit unter endlichen Bedingungen*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19916907>.
- van Fraassen, Bas C. 1980. *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press.

Appendix A: Didaktische Veranschaulichung des Friktionsbegriffs

Hinweis zum Status dieses Appendix

Der folgende Abschnitt dient ausschließlich der didaktischen Veranschaulichung des im Haupttext entwickelten Friktionsbegriffs. Er führt keine neuen Begriffe ein, begründet keine zusätzlichen Thesen und besitzt keine eigenständige argumentative Funktion. Ziel ist es, die strukturelle Logik von Friktion in subjektiven, intersubjektiven und funktional-empirischen Domänen anschaulich zu machen. Der Appendix ist daher vor allem für Lehr- und Vermittlungskontexte gedacht.

A.1 Grundformel: Friktion als Nicht-Passung einer Erwartungs- oder Modellstruktur

Friktion bezeichnet nicht einfach Widerstand. Sie entsteht dort, wo eine aktivierte Erwartungs- oder Modellstruktur im Erleben, Handeln, Denken oder Orientieren nicht passend trägt. Diese Nicht-Passung kann sich als zunehmender Widerstand, als ausbleibende Stützung, als erwartete Begrenzung, als subjektive Vollzugsgrenze, als Fehlkopplung oder als wiederholte Nicht-Bestätigung einer Suchstrategie zeigen.

Die folgenden Beispiele zeigen unterschiedliche Formen derselben Struktur. Entscheidend ist jeweils nicht das Objekt oder Ereignis für sich genommen, sondern die Relation zwischen Erwartung, Modell, Vollzug und erfahrener oder erwarteter Grenze.

A.2 Zunehmender Widerstand: Eine Gruppe bewegt sich durch Wasser

Man stelle sich eine Gruppe von Personen vor, die sich gemeinsam durch klares, flaches Wasser bewegt. Die Fortbewegung ist zunächst leicht, koordiniert und wenig anstrengend. Das implizite Situationsmodell lautet: „Das ist Wasser, man kann sich hier bewegen.“ In diesem Zustand ist Stabilität in allen drei Domänen gegeben: subjektiv, weil die Bewegung innerlich tragbar bleibt; intersubjektiv, weil die Gruppe koordiniert handelt; funktional-empirisch, weil das Medium Fortbewegung ohne nennenswerten Widerstand erlaubt.

Mit fortschreitender Bewegung wird das Wasser allmählich trüber und zäher. Fortbewegung ist weiterhin möglich, jedoch steigt der Aufwand spürbar an. Einzelne Gruppenmitglieder empfinden zunehmende Anstrengung, Unbehagen oder Zweifel an der Angemessenheit des weiteren Vorgehens. Diese Reaktionen können subjektive Friktion markieren, wenn sie gegen die Erwartung auftreten, die Bewegung innerlich weiter tragen zu können. Zu diesem Zeitpunkt besteht noch keine faktische Unmöglichkeit der Fortbewegung. Der Abbruch kann dennoch bereits hier erfolgen, weil die innere Tragfähigkeit einzelner Beteiligter überschritten wird.

Mit weiter zunehmender Zähigkeit beginnen Diskussionen innerhalb der Gruppe: Wie weit soll man noch gehen? Tragen alle die steigende Belastung gleichermaßen? Ist das Ziel den Aufwand noch wert? Die Fortbewegung ist weiterhin möglich, jedoch wird Koordination selbst kostspielig. Hier tritt intersubjektive Friktion auf. Ein Abbruch kann erfolgen, obwohl einzelne Mitglieder noch weitergehen könnten und keine funktionale Grenze der Fortbewegung erreicht ist. Der Abbruchgrund liegt dann nicht primär im Medium, sondern in der Unmöglichkeit stabiler gemeinsamer Koordination.

Schließlich geht das Wasser in sumpfiges Gelände über. Jeder Schritt erfordert unverhältnismäßig viel Kraft, einzelne Personen bleiben stecken, Vorankommen wird faktisch unmöglich. Hier zeigt sich funktional-empirische Friktion. Diese Grenze ist unter den gegebenen Bedingungen unabhängig von Motivation, individueller Belastbarkeit oder sozialer Einigung. Nicht nur das innere Durchhalten oder die gemeinsame Koordination geraten an Grenzen, sondern die Wirksamkeit der Handlung unter Widerstand.

A.3 Didaktische Zuordnung der drei Friktionsformen

Das Wasserbeispiel erlaubt eine einfache Unterscheidung. Subjektive Friktion liegt vor, wenn die Erwartung, das Weitergehen innerlich tragen zu können, im Vollzug nicht mehr passend trägt. Intersubjektive Friktion liegt vor, wenn gemeinsame Koordination unter steigenden Kosten nicht mehr möglich ist. Funktional-empirische Friktion liegt vor, wenn das Medium unter den gegebenen Bedingungen keine Fortbewegung mehr erlaubt.

Alle drei Abbruchgründe sind real, legitim und strukturell verschieden. Friktion bezeichnet dabei nicht erst den endgültigen Stillstand, sondern bereits jene Phase, in der Stabilität noch möglich ist, aber nur unter zunehmenden und nichtlinear steigenden Kosten.

A.4 Erwartete Widerständigkeit: Die Wand

Eine Gruppe läuft einen Weg entlang und sieht vor sich eine Wand. Solange niemand versucht, gegen die Wand weiterzugehen, wird ihre Widerständigkeit nicht unmittelbar erlebt. Dennoch kann bereits Friktion entstehen, weil das Modell „Wand“ eine Widerständigkeit erwarten lässt. Die Gruppe antizipiert, dass Weitergehen scheitern, schmerzhaft oder kostspielig wäre.

Die Wand wirkt dann nicht durch aktuell erfahrenen Widerstand, sondern durch erwartete Widerständigkeit. Friktion entsteht als Orientierungs- und Entscheidungsdruck: anhalten, umgehen, prüfen oder dennoch weitergehen. Das Beispiel zeigt: Friktion muss nicht erst durch Kollision entstehen. Sie kann bereits dort auftreten, wo ein Modell Widerständigkeit hinreichend stabil erwartet und dadurch eine Fortsetzung blockiert oder entscheidungspflichtig macht.

A.5 Ausbleibende Stützung: Der weggezogene Stuhl

Ein Kind setzt sich auf einen Stuhl. Sein Situationsmodell lautet: „Die Sitzfläche ist da und wird mich tragen.“ Die Handlung setzt also eine erwartete Stützung voraus. Wird der Stuhl unbemerkt weggezogen, bleibt diese erwartete Stützung aus. Das Kind erfährt Friktion nicht durch Widerstand, sondern durch das Ausbleiben eines erwarteten Widerstands oder Halts. Es landet auf dem Boden, weil die Kopplung zwischen Erscheinung, Modell und Handlung nicht trägt.

Für das Kind, das den Stuhl wegzieht, stellt dasselbe Ereignis dagegen keine Friktion dar, sondern eine Erwartungsbestätigung. Sein Modell lautete: Wenn der Stuhl weggezogen wird, setzt sich das andere Kind ins Leere. Dasselbe Geschehen kann daher je nach aktivierter Modellerwartung Friktion, Bestätigung oder soziale Konfliktfriktion erzeugen.

Das Beispiel macht deutlich: Friktion liegt nicht im Ereignis allein. Sie entsteht im Verhältnis zwischen Erwartung, Modell, Handlung und Ergebnis.

A.6 Subjektinterne Friktion: Ewig weiterzählen

Jemand denkt: „Ich kann immer weiterzählen.“ Als theoretischer Gedanke ist diese Fortsetzung leicht stabilisierbar. Beginnt die Person jedoch tatsächlich zu zählen, verändert sich die Situation. Aufmerksamkeit, Wille, Motivation oder Kraft können nachlassen. Irgendwann wird sichtbar, dass die theoretische Fortsetzbarkeit nicht mit der subjektiven Vollzugstragfähigkeit identisch ist.

Hier entsteht Friktion nicht an einer äußeren Wand und nicht an einem sozialen Konflikt. Sie entsteht innerhalb des subjektiven Vollzugs: Eine aktivierte Erwartungs- oder Modellstruktur trägt praktisch nicht unbegrenzt. Das Beispiel zeigt, dass Friktion vollständig subjektiv intern auftreten kann.

A.7 Friktion der Grenzsetzung: Primzahlen

Ein Lernender entdeckt Zahlen, die nur durch 1 und durch sich selbst teilbar sind. Zunächst erwartet er vielleicht, dass solche Zahlen nur im kleinen Zahlenbereich vorkommen. Er setzt eine Grenze: spätestens ab 100 werde es solche Zahlen nicht mehr geben. Später findet er jedoch entsprechende Zahlen oberhalb dieser Grenze. Dann setzt er eine neue Grenze, etwa bei 1000. Auch diese Erwartung wird durch weitere Fälle gebrochen.

Die Friktion betrifft hier nicht nur eine einzelne falsche Erwartung. Wiederholt scheitert die Strategie, dem Phänomen eine endliche Obergrenze zu geben. Der Lernende kann beliebig große Zahlen nicht vollständig prüfen, weil ihn eine Totalprüfung praktisch überfordern würde. Dennoch verändert die wiederholte Nicht-Bestätigung lokaler Grenzsetzungen die Modellstrategie: Nicht diese oder jene Grenze war falsch, sondern Grenzsetzung selbst erweist sich hier als unpassende Modellform.

Das Beispiel zeigt, dass Friktion nicht nur einzelne Erwartungen korrigieren kann. Sie kann auch die Form der Erwartungsbildung selbst unter Belastung setzen und dadurch neue Suchräume öffnen.

A.8 Didaktische Schlussformel

Die Beispiele zeigen: Friktion ist nicht einfach Widerstand. Widerstand ist nur eine mögliche Form, in der Friktion sichtbar wird. Friktion entsteht dort, wo eine aktivierte Erwartungs- oder Modellstruktur im Erleben, Handeln, Denken oder Orientieren nicht passend trägt.

Das kann durch zunehmenden Widerstand geschehen, aber ebenso durch ausbleibende Stützung, erwartete Begrenzung, subjektive Vollzugsgrenzen, Fehlkopplung oder die wiederholte Nicht-Bestätigung einer Suchstrategie. Friktion bezeichnet daher nicht ein Ding und nicht bloß ein Hindernis, sondern die relationale Nicht-Passung einer Stabilisierung im Vollzug.