

Warum gibt es eine „Höchstgeschwindigkeit“?

— Allein aus Galileis Relativitätsprinzip: Es gibt nur zwei Relativitäten (der Satz von Ignatowski) — [Aufsatz

83]

Yuuki YAMAGISHI (山岸 勇輝)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan

August 2026

— *From thinking to syncing.* —

Zusammenfassung

Die spezielle Relativitätstheorie beginnt gewöhnlich damit, **von oben herab zu postulieren**, dass „die Lichtgeschwindigkeit in allen Inertialsystemen dieselbe ist“. Tatsächlich lässt sich die Relativität jedoch ohne dieses Postulat aus weit elementarerem Voraussetzungen herleiten. Dieser Aufsatz liest vom Standpunkt dieser Reihe aus ein altes und schönes Standardergebnis neu — **den Satz von Ignatowski** (Ignatowski 1910–11; Frank–Rothe 1911; Lévy-Leblond 1976). Die Voraussetzungen sind nur **Galileis Relativitätsprinzip + Homogenität und Isotropie des Raums + die Gruppenstruktur der Transformationen (+ Kausalität)**. Aus ihnen werden die Koordinatentransformationen zwischen Inertialsystemen auf **genau zwei Familien** eingengt: (1) die **Galilei-Transformation** (invariante Geschwindigkeit = ∞ , absolute Zeit) oder (2) die **Lorentz-Transformation** (es gibt eine **endliche invariante Geschwindigkeit**). Welchen Zweig wir bewohnen und welchen Wert die endliche Geschwindigkeit hat, wird **durch das Experiment** entschieden. Wir leben zufällig im „Zweig mit endlichem c “ — das ist alles. **Kernpunkt (Verbindung zur Reihe)**: Diese Lesart untermauert als Satz, was die Reihe wiederholt gesagt hat — **„ c ist kein grundlegendes Postulat oder keine Ursache des Universums, sondern eher ein Gerüst / eine Konvention, der endliche Wert, der an einer Zweiweggabelung ausgewählt wird“** (c = Radius des Geschwindigkeitsraums, Aufsätze 60–63; lokales und Koordinaten- c als verschiedene Wurzeln, Aufsatz 66; die SI-Neudefinition 2019, die c zu einem definierten Wert machte). Außerdem ist die Logik der „genau zwei Möglichkeiten“ **vom selben Blut wie die Zählmethode von Aufsatz 01 (Eindeutigkeit von $n = 2$) und den Aufsätzen 64/69 (Zählung der Dimensionen)**. **Disziplin der verschiedenen Wurzeln**: (a) die aus der Gruppe hervorgehende „invariante Geschwindigkeit“ und (b) die „Lichtgeschwindigkeit“ des Elektromagnetismus sind **Größen verschiedenen Ursprungs, die nur im Wert übereinstimmen** (Licht bewegt sich mit der invarianten Geschwindigkeit, weil das Photon masselos ist; hätte das Photon eine winzige Masse, würde Licht etwas langsamer als die invariante Geschwindigkeit laufen, und die invariante Geschwindigkeit gäbe es trotzdem). **Tragweite**: Dieser Aufsatz leitet die spezielle Relativitätstheorie weder mit einer neuen Methode neu her noch ersetzt er sie (er stellt eine bekannte alternative Herleitung vor). Er **erklärt nicht, warum unser Universum der endliche Zweig ist, noch warum c den Wert hat, den es hat (das Experiment entscheidet)**. Es gibt keine neue Vorhersage; es bleibt eine strukturelle Interpretation.

Stellung dieses Aufsatzes (Disziplin): Dieser Aufsatz ist eine **strukturelle Interpretation** etablierter Physik (die Herleitung der speziellen Relativitätstheorie „mit weniger Axiomen“ nach Ignatowski / Lévy-Leblond; Galileis Relativitätsprinzip). **Er schreibt die spezielle Relativitätstheorie nicht um und beansprucht keine neue Herleitung** — er liest eine bekannte alternative Herleitung vom Standpunkt „ c = Gerüst“ der Reihe aus neu. Er enthält kein neues physikalisches Gesetz und keine neue Vorhersage. Wörter wie „Universum-OS“ sind **Metaphern der Ebene 3 mit dem Etikett „nicht-wissenschaftlich“**, keine Behauptungen eines physikalischen Mechanismus (in einem gestrichelten Kasten abgesondert).

1. Einleitung: Relativität, ohne die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit zu postulieren

Die spezielle Relativitätstheorie der Lehrbücher beginnt mit Einsteins zwei Postulaten — (i) dem Relativitätsprinzip, (ii) der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit. Postulat (ii) ist mächtig, aber irgendwie abrupt: „Warum ist allein die Lichtgeschwindigkeit besonders?“ Der Standpunkt, den dieser Aufsatz vorstellt, **entfernt (ii) aus den Axiomen**. Alles, was nötig ist, sind elementare Voraussetzungen, die bis auf Galilei zurückreichen.

Um das Ergebnis vorwegzunehmen — **treibt man das Relativitätsprinzip ehrlich durch, so gibt es genau zwei Weisen, wie das Universum sein kann**: die Welt Newtons und Galileis (keine Obergrenze der Geschwindigkeit, absolute Zeit) oder die Welt Einsteins und Lorentz' (es gibt eine endliche Höchstgeschwindigkeit). Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit erscheint **nicht als Ausgangsaxiom, sondern als Folge der Wahl des zweiten Zweigs**. Das ist eine Untermauerung auf dem Königsweg für die Intuition, die die Reihe lange gehegt hat: „ c ist keine Ursache, sondern ein Gerüst.“

2. Galileis Relativitätsprinzip (der Keim)

1632 formulierte Galilei das Relativitätsprinzip in seinem Gedankenexperiment der „Schiffskabine“: **Experimente im Inneren eines gleichförmig bewegten Schiffes unterscheiden sich nicht von solchen, die gegenüber dem Ufer ruhen**. Die Gesetze der Physik haben in allen Inertialsystemen dieselbe Form. Das ist die einzige physikalische Voraussetzung dieses Aufsatzes, und es ist Einsteins erstes Postulat selbst. Die Frage wird: **Treibt man allein dieses Prinzip bis zu seinem mathematischen Ende, welche Koordinatentransformationen sind erlaubt?**

3. Der Satz von Ignatowski: Es gibt genau zwei Relativitäten

Standardtatsache 3.1 (Ignatowski 1910–11 / Lévy-Leblond 1976)

Man verlange von den Koordinatentransformationen zwischen Inertialsystemen nur: **(1) das Relativitätsprinzip** (alle Inertialsysteme gleichwertig), **(2) Homogenität des Raums** ($\rightarrow$ die Transformation ist linear), **(3) Isotropie des Raums**, **(4) Abgeschlossenheit als Gruppe** (Verknüpfung und Inverses erlaubter Transformationen sind wieder erlaubt). Dann ist die Transformation längs $\mathbf{x}$ auf die folgende Familie beschränkt, die **eine einzige universelle Konstante κ** trägt (der Dimension $[\text{Geschwindigkeit}]^{-2}$):

$$\mathbf{x}' = \gamma (\mathbf{x} - \mathbf{v} t), \quad t' = \gamma (t - \kappa \mathbf{v} \mathbf{x}), \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \kappa v^2}}.$$

Die Kausalität (Erhaltung der zeitlichen Reihenfolge) wählt dann $\kappa \geq 0$ aus. Unbestimmt bleibt nur der Wert von κ , und **der wird durch das Experiment entschieden.**

Der Gang des Beweises ist klar. **Die Homogenität** legt fest, dass die Transformation linear ist; **das Relativitätsprinzip + Isotropie + Gruppenstruktur** schränken die Koeffizienten ein; und am Ende bleibt eine einzige universelle Konstante κ . κ ist **universell** in dem Sinn, dass sie in jedem Inertialsystem denselben Wert annimmt, aber ihre **Größe wird von der Theorie nicht festgelegt.**

4. Die zwei Zweige: galileisch ($\kappa = 0$) und lorentzsch ($\kappa > 0$)

Zweig	Univ. Konstante	Invariante Geschwindigkeit	Gestalt der Welt
Galilei (Newton)	$\kappa = 0$	$c = \infty$ (keine Grenze)	absolute Zeit $t' = t$
Lorentz (Einstein)	$\kappa > 0$	$c = 1/\sqrt{\kappa}$ (endlich)	Raumzeit vereinigt; c die invariante Höchstgeschwindigkeit

Beobachtung 4.1 (Warum gibt es eine „Höchstgeschwindigkeit“?)

„Ob es eine Höchstgeschwindigkeit gibt“, ist für das Universum eine **Zweiwegwahl**. Ist $\kappa = 0$, gibt es keine Grenze (galileisch); ist $\kappa > 0$, gibt es genau eine endliche invariante Geschwindigkeit $c = 1/\sqrt{\kappa}$ (lorentzsch). Die Messung sagt uns, dass unser Universum das **Zweite** ist ($c \approx 3 \times 10^8$ m/s). **Der „Grund, warum es eine Höchstgeschwindigkeit gibt“, liegt also nicht im „Licht“, sondern in der einzigen Tatsache, dass „unser Universum auf dem Zweig $\kappa > 0$ liegt“.** Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ist bloß eine Folge innerhalb dieses Zweigs.

5. Die Disziplin der verschiedenen Wurzeln: invariante Geschwindigkeit und Lichtgeschwindigkeit teilen nur einen Wert

Hier greift die Kerndisziplin der Reihe (Aufsätze 58, 48). Obwohl man oft in einem Atemzug „ c = die Lichtgeschwindigkeit“ sagt, gibt es in Wahrheit **zwei c verschiedenen Ursprungs**.

Gesicht von c	Ursprung	Identität
invariante Geschwindigkeit $c = 1/\sqrt{\kappa}$	Relativitätsprinzip + Gruppe (dieser Aufsatz)	Strukturkonstante der Raumzeit; Geschwindigkeit jedes masselosen Teilchens
Lichtgeschwindigkeit	Elektromagnetismus (Maxwell) = masseloses Photon	der Fall, in dem Licht zufällig mit der invarianten Geschwindigkeit läuft

Beobachtung 5.1 (Licht ist bloß der „Vertreter“ der invarianten Geschwindigkeit)

Licht bewegt sich mit der invarianten Geschwindigkeit, **weil das Photon masselos ist**, nicht weil Licht die Struktur der Raumzeit festlegt. Fände man je eine winzige Photonenmasse, **würde Licht etwas langsamer als die invariante Geschwindigkeit laufen** — doch die invariante Geschwindigkeit c würde **weiterhin existieren und als Struktur der Raumzeit invariant bleiben**. Daher sind „die invariante Geschwindigkeit“ und „die Lichtgeschwindigkeit“ **verschiedene Wurzeln, die nur im Wert übereinstimmen**, und dürfen nicht verschmolzen werden. Das ist die verschiedene Wurzel einen Schritt stromaufwärts von der in Aufsatz 66 (lokales c gegenüber Koordinaten- c).

6. Verbindung zur Reihe: c als Gerüst und das Blut der „genau zwei“

Dieser Satz untermauert zwei Rückgrate der Reihe.

- **„ c ist keine Ursache, sondern ein Gerüst / eine Konvention“:** c ist kein erstes Axiom des Universums, sondern bloß **ein endlicher Wert**, der an einer Zweiweggabelung ausgewählt wird. Sein Wert folgt nicht aus der Theorie; das Experiment (unser Universum) entscheidet ihn. Das klingt voll mit den Aufsätzen 60–63 (c = Radius des Geschwindigkeitsraums) und 66 (verschiedene Wurzeln) zusammen, und mit der Tatsache, dass die **SI-Neudefinition 2019 c zu einem definierten Wert machte** (von etwas Gemessenem zu etwas Festgesetztem). **Aber genau genommen:** Das bedeutet nicht, dass „ c beliebig ist“. **Dass eine endliche invariante Geschwindigkeit existiert, ist Physik (Struktur); nur „wie wir die Zahl nennen“ ist die Konvention der Einheiten.**
- **Die Zählung der „genau zwei“:** Die Logik, dass die erlaubten Relativitäten auf zwei beschränkt sind, ist dieselbe Methode wie in Aufsatz 01 (beschränkt auf $n = 2$) und den Aufsätzen 64/69 (die Zählung besonderer Dimensionen). **„Von unzähligen Möglichkeiten auf wenige einengen“** — eine Königswegform, die die Reihe wiederholt verwendet.

Die Vision des Autors (Ebene 3, Etikett nicht-wissenschaftlich / kein Mechanismus, keine Vorhersage)

Durch die Linse der Reihe (Metapher) — könnte die **invariante Geschwindigkeit die „maximale Aktualisierungsrate (die obere Bandbreite, mit der sich das Rendern ausbreitet)“ des Universum-OS** sein? Der galileische Zweig ($\kappa = 0$) ist ein OS mit unendlicher Bandbreite (Information kommt sofort an); der lorentzsche Zweig ($\kappa > 0$) ist ein **OS mit endlicher Bandbreite**, dessen Obergrenze c ist. Unser Universum ist eine „Maschine mit endlicher Bandbreite“. — **Dieses Bild trägt das Etikett nicht-wissenschaftlich.** Der Satz von Ignatowski braucht weder Bandbreite noch OS; er steht allein auf dem Relativitätsprinzip und der Gruppenstruktur. Das OS ist eine Linse, damit sich „warum uns eine endliche Geschwindigkeit natürlich vorkommt“ im Kopf bequem einrichtet, keine Behauptung eines physikalischen Mechanismus und keine prüfbare Aussage. Poesie als Poesie, Satz als Satz — die Etiketten auseinandergehalten.

7. Tragweite (was gezeigt wird und was nicht)

Was gezeigt wird (beschreibend):

- Allein aus Relativitätsprinzip + Homogenität/Isotropie + Gruppenstruktur (+ Kausalität) ist die Relativität auf zwei beschränkt — galileisch ($\kappa = 0$) und lorentzsch ($\kappa > 0$) (Ignatowski). Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ist kein Axiom, sondern eine Folge des zweiten Zweigs.
- Die „invariante Geschwindigkeit“ (Gruppe/Struktur) und die „Lichtgeschwindigkeit“ (Masselosigkeit des Photons) sind **verschiedene Wurzeln**, die nur im Wert übereinstimmen (Beobachtung 5.1).
- Diese Lesart untermauert „ c = Gerüst“ (60–63/66/SI 2019) und „Zählen auf genau zwei“ (01/64/69) der Reihe.

Was nicht gezeigt wird (Zurückhaltung):

- **Die spezielle Relativitätstheorie wird weder neu hergeleitet noch ersetzt.** Ignatowski / Lévy-Leblond ist eine etablierte, bekannte alternative Herleitung; dieser Aufsatz **stellt sie nur vor und ordnet sie ein**. Keine neue Herleitung, keine neue Mathematik.
- **Warum unser Universum der endliche Zweig ($\kappa > 0$) ist, wird nicht erklärt.** Welcher Zweig und der Wert von c werden **durch das Experiment** entschieden — nicht durch die Theorie. Dieser Rand bleibt offen.
- **Es wird nicht gesagt, „ c sei beliebig / veränderlich“.** Dass eine endliche invariante Geschwindigkeit existiert, ist Physik. Die Konvention der Einheiten (SI 2019) betrifft „den Namen der Zahl“, nicht die Struktur selbst.
- **OS und Bandbreite sind nicht-wissenschaftliche Linsen der Ebene 3.** Der Satz braucht nichts davon (§6 gestrichelter Kasten).
- **Es wird keine neue Vorhersage gemacht.** Es ergibt dieselben Beobachtungsergebnisse wie die übliche spezielle Relativitätstheorie. Daher bleibt es auf Ebene 2 (strukturelle Interpretation).

8. Schluss

„Warum gibt es eine Höchstgeschwindigkeit?“ — die Antwort liegt nicht im Licht. **Treibt man Galileis Relativitätsprinzip bis zu seinem Ende, wird das Universum auf genau zwei eingeeengt:** den galileischen Zweig ohne Grenze ($\kappa = 0$) oder den lorentzischen Zweig mit einer endlichen invarianten Geschwindigkeit ($\kappa > 0$). Die Messung sagt uns, dass wir im zweiten leben. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ist eine **Folge** dieses Zweigs, kein Ausgangsaxiom. Und „die invariante Geschwindigkeit“ und „die Lichtgeschwindigkeit“ sind **verschiedene Wurzeln**, die nur deshalb im Wert übereinstimmen, weil das Photon masselos ist.

Das ist eine stille Untermauerung auf dem Königsweg für eine Intuition, die die Reihe lange gehegt hat — **„ c ist kein Baustoff (Ursache) des Universums, sondern eher ein gewähltes Gerüst / eine Konvention“**. Doch die Disziplin hält: Dieser Aufsatz schreibt die Relativität nicht um (er stellt eine bekannte alternative Herleitung vor), erklärt nicht, „warum der endliche Zweig oder warum dieser Wert von c “ (Sache des Experiments), und sondert das Bild der „OS-Bandbreite“ in einer nicht-wissenschaftlichen Ebene 3 ab. Das elementare Prinzip, das Galilei in einer Schiffskabine sah, läuft in einer einzigen geraden Linie bis zum eigentlichen Skelett der modernen Physik — „dass es eine Höchstgeschwindigkeit gibt“. Das ist eine Seite, die es wert ist, ehrlich festgehalten zu werden.

Literatur

1. Galilei, G. (1632). *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*.
2. Ignatowski, W. v. (1910/1911). *Einige allgemeine Bemerkungen zum Relativitätsprinzip*. Phys. Zeitschr. 11, 972–976.
3. Frank, P. and Rothe, H. (1911). *Über die Transformation der Raumzeitkoordinaten von ruhenden auf bewegte Systeme*. Ann. Phys. 34, 825–855.

4. Lévy-Leblond, J.-M. (1976). *One more derivation of the Lorentz transformation*. Am. J. Phys. 44, 271–277.
5. Einstein, A. (1905). *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. Annalen der Physik 17, 891–921.
6. BIPM (2019). *The International System of Units (SI)*, 9th ed.
7. Yamagishi, Y. (2026). *c as the Ball of Velocity Space* [Aufsatz 60]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21598012
8. Yamagishi, Y. (2026). *Velocity-Space Curvature and Gravitational Redshift* [Aufsatz 66]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21616607.
9. Yamagishi, Y. (2026). *The Uniqueness Theorem of $\mathbf{n} = \mathbf{2}$ for Spherically Symmetric Density Distributions* [Aufsatz 01]. Zenodo: 10.5281/zenodo.21403186.
10. Yamagishi, Y. (2026). *The Pfaffian's $2^n \mathbf{n}!$ Is One Block* [Aufsatz 48]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21602525

— *From thinking to syncing.* —

Yuuki YAMAGISHI (山岸 勇輝)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)