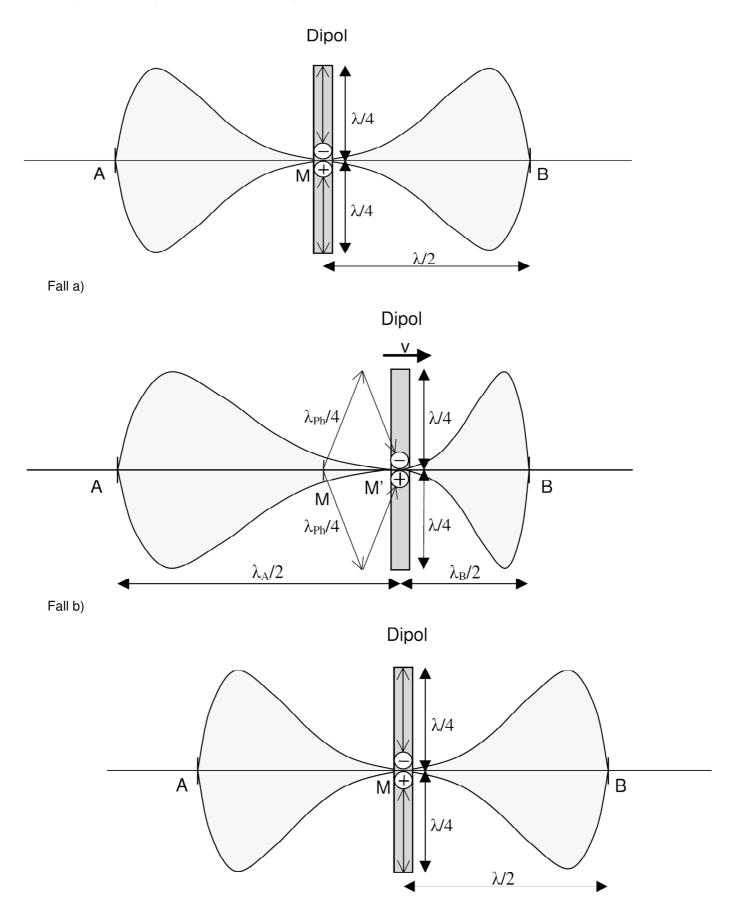
8. "Ungleichzeitigkeit" als Konsequenz unkorrekter Transformation



Fall c)

Fall a:

Eine leitergeführte el.-magnetische Schwingung im ruhenden Dipol der Dauer T/2 führt zu einer davoneilenden Raumwelle, deren Front mit c = konst. die Punkte A und B im Abstand $\lambda/2$ gleichzeitig erreicht. Die Schwingungsrichtung der leitergeführten Dipolfelder und die Bewegungsrichtung der Raumwellen stehen senkrecht aufeinander. Die Abschnürpunkte haben während T/2 gegenüber dem Dipol und dem Ruhsystem die Geschwindigkeit v = 0. Damit sind Frontstartpunkte und Abschnürpunkte identisch.

Fall b:

Bewegt sich der Dipol mit v nach rechts und startet beim Durchgang in M eine Schwingung, so sind die von der Front der Raumwelle zurückzulegenden Strecken MA bzw. MB identisch (wie im Fall a), so dass wieder beide Punkte A und B gleichzeitig erreicht werden. Auch die Frontgeschwindigkeit bleibt gegenüber dem Ruhsystem ("Bahndamm") konstant. Die Skizze zeigt die Situation nach T/2: Scheinbar hat die Front im Moment der Abschnürung den längeren Weg M'A (bzw. den kürzeren Weg M'B) in gleichen Zeiten zurückgelegt, so dass Überlichtgeschwindigkeit c + v für die nach A eilende Front gefolgert werden könnte (entsprechend c - v für die nach B eilende Front). Das trifft jedoch nicht zu: Die nach links laufende Front startet ja erst bei M und hat zu keinem Zeitpunkt die zusätzliche Strecke MM' durcheilt – sie kann also für die Frontgeschwindigkeit nicht in Rechnung gestellt werden. Umgekehrt darf der nach rechts laufenden Front die effektiv zurückgelegte Strecke MB nicht einfach um MM' gekürzt werden. Die Feldpunkte der Fronten bewegen sich mit c = konst. gänzlich unabhängig von den Abschnürpunkten, die während T/2 gegenüber dem Dipol noch die Geschwindigkeit Null hatten und gegenüber dem Ruhsystem mit der Geschwindigkeit v des Dipols unterwegs sind. Damit sind Frontstartpunkte und Abschnürpunkte nicht mehr identisch, sie differieren um die Dipollaufstrecke MM'.

Im weiteren Verlauf nach T/2 eilen sowohl die Fronten als auch die Abschnürpunkte der ersten Halbwelle mit c = konst. bezüglich M symmetrisch davon. Erst jetzt gilt die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für alle Feldpunkte der elektromagnetischen Struktur.

Fall c)

Mit dem Start der zweiten Halbwelle bei M' (also räumlich versetzt um MM') wiederholt sich der im Fall a) beschriebene Vorgang. Jeder Start einer Raumwellenfront im zeitlichen Abstand T/2 ist ein originäres Ereignis, dessen Ort als alleiniger Bezugspunkt für Geschwindigkeitsbetrachtungen gelten kann.

Diskussion

Die obige Darstellung entspricht einem von Landau und Rumer ausgedachten Experiment. Es hat aufgrund seiner mit logischer Schärfe vorgetragenen Argumente ein Millionenpublikum auch außerhalb der Physik von der unerschütterlichen Wahrheit der Relativitätstheorie überzeugt.

Zu irgendeinem Zeitpunkt soll in der Mitte des Zuges eine Lampe angezündet werden. Im ersten und letzten Wagen seien Türen angebracht, die sich automatisch öffnen, wenn das Licht auf sie auftrifft. Was werden die Leute im fahrenden Zug sehen und was diejenigen, die auf einem Bahnsteig stehen? Die Fahrgäste, die in der Mitte des Zuges sitzen, sehen folgendes: Da sich nach dem Versuch von Michelson das Licht nach allen Seiten mit der gleichen Geschwindigkeit von 300 000 km/s ausbreitet, erreicht es den vorderen und den hinteren Wagen in gleichen Zeiten. Beide Türen öffnen sich gleichzeitig. Was sehen aber die Menschen auf dem Bahnsteig? In Bezug auf den Bahnsteig breitet sich Licht ebenfalls mit der Geschwindigkeit von 300 000 km/s aus. Der letzte Wagen fährt aber dem Lichtstrahl entgegen ... Dem vorderen Wagen muss der Lichtstrahl dagegen nachjagen ... Den Menschen auf dem Bahnsteig wird es also so vorkommen, als ob sich die Türen nicht gleichzeitig öffneten.

Wie lässt sich der offensichtliche logische Widerspruch zwischen den gegensätzlichen Beobachtungen auflösen?

- 1. Man vertraut der Logik, akzeptiert den Widerspruch als seltsamen Ausdruck eines realen Naturgeschehens und passt z. B. durch Begriffsänderungen (Raum, Zeit) die Physik dem Widerspruch an.
- 2. Man untersucht, ob die Widersprüche möglicherweise ihre Ursache in widersprüchlichen Voraussetzungen haben könnten.

Die Relativitätstheorie ist Ergebnis der ersten Herangehensweise. Als "Wahrheit" etabliert, gibt es keinen Grund, die zweite Herangehensweise auch nur in Erwägung zu ziehen: Wo kämen wir hin, eine bewährte Theorie immer und immer wieder zu hinterfragen oder gar in Zweifel zu ziehen?

Aber: "Wo kämen wir hin, wenn alle sagten, wo kämen wir hin, und keiner ginge, um zu sehen, wohin wir kämen, wenn wir gingen?" (Kurt Marti)

Wohin also kommen wir bei Untersuchung der Voraussetzungen für das (scheinbar) widersprüchliche Naturgeschehen?

Allgemeine Naturerkenntnis basiert auf Forschung einzelner, die auf der Basis von Regeln Ergebnisse vergleichbar macht. Die Einhaltung logischer Regeln gehört zum Verhaltenskodex von Forschern. Die geringste Abweichung führt zu absurden Folgerungen, zumindest zur Unvergleichbarkeit von Ergebnissen.

Für die Untersuchung eines Naturgeschehens hat sich zur widerspruchsfreien Darstellung des komplexen raum-zeitlichen Beziehungsgefüges die Auswahl eines geeigneten Inertialsystems als hilfreich erwiesen. Wird der fahrende Zug als solches System ausgewählt, so sind alle Ereignisse widerspruchsfrei erklärbar: Nach Einschalten der mittig im Zug postierten Lampe legen die Lichtfronten gleiche Wege zur vorderen und hinteren Tür zurück, so dass diese vom mittig postierten Fahrgast auch als gleichzeitig öffnend erscheinen. Dies entspricht prinzipiell Fall a) der obigen Skizze.

Wird der ruhende Bahnsteig als System ausgewählt bzw. würde im haltenden Zug das Experiment wiederholt, so ändert das nichts am Ergebnis: Im Zug und auf dem Bahnsteig würden mittig postierte Beobachter gleichzeitiges Öffnen beider Türen registrieren.

Wie kommt es dann zum unterschiedlichen Urteil, wenn das Experiment im vorüber fahrenden Zug wiederholt wird? Während der mittig postierte Fahrgast gleichzeitiges Türöffnen registriert, soll der Bahnsteigbeobachter Ungleichzeitigkeit wahrnehmen.

Der Widerspruch rührt aus dem unerlaubten Vermischen zweier Inertialsysteme, genauer: Einzelne Ereignisse im Zugsystem werden in das Bahnsteigsystem projiziert und suggerieren jetzt Abbilder von Ereignissen, die in ihren raum-zeitlichen Beziehungen so nicht stattgefunden haben. Es handelt sich hier um jene Art von Illusionen, wie sie bei der Projektion eines senkrecht schwingenden Federpendels auf eine vorbeiziehende Projektionsfläche entstehen: Die geradlinige Bewegung des Pendelkörpers erscheint als krummlinige Sinuskurve, auf der der Körper längere (krumme) Wege in gleichen Zeiten unterwegs ist, also mit scheinbar höherer Geschwindigkeit.

Im Fall b) der obigen Skizze eines bewegten Dipols ist eine solche Vermischung zweier gegeneinander bewegten Systeme dargestellt. Es fallen zuerst sofort die Verzerrungen ins Auge: Die elektromagnetischen Raumwellen scheinen gestaucht bzw. gestreckt und die schwingenden Felder im Dipol bewegen sich nicht mehr senkrecht zur Ausbreitungsrichtung AB.

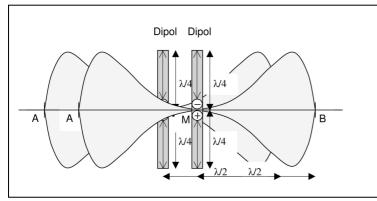
Nach dieser Darstellung würden die Türen auch ungleichzeitig schließen, da die hintere Tür dem Signal entgegenläuft (entsprechend die vordere davoneilt).

Das Missverständnis ("Ungleichzeitigkeit") wird dadurch begünstigt, dass hier unklar bleibt, welches Ereignis in welchem System stattfindet.

Erinnern wir uns an den Versuchsaufbau: Im Zug ist mittig zu der vorderen und hinteren Tür eine Lampe (Dipol) installiert, so dass die Lichtlaufwege bzw. -zeiten gleich sind. Auch wenn die Lampe mit dem Zug nach rechts fährt, bleiben die Lichtlaufwege dieselben. Die Türen öffnen also bei jeder Geschwindigkeit gleichzeitig.

Die Wurzel aller Widersprüche scheint in folgendem zu liegen:

Im ausgedehnten Zugsystem sind mindestens drei Punkte (Lampe, vordere und hintere Tür) zu berücksichtigen, die raum-zeitlichen Änderungen unterworfen sind. Das Zugsystem in seiner Gesamtheit rückt nach rechts, so dass jeder Punkt des Systems ins Bahndammsystem transformiert werden muss (nicht nur die Lampe). Alle Abstände bleiben erhalten. Rückt die Lampe nach rechts, bewegt sich um dieselbe Strecke ja auch die hintere bzw. die vordere Tür. Damit rückt aber auch der Startpunkt der Wellenfront nach rechts. Bei vollständiger Transformation aller Koordinaten bleibt die Symmetrie des Systems erhalten, so dass auch für den Bahndammbeobachter die Türen korrekt gleichzeitig schließen. Eine solche vollständige Transformation muss auch die Frontgeschwindigkeit der Raumwelle berücksichtigen, wobei scheinbar Über- bzw. Unterlichtgeschwindigkeiten in der Rechnung auftauchen. Wie an anderer Stelle dargelegt, handelt es sich hier aber um Phasengeschwindigkeiten, so dass z.B. prinzipiell das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit nicht infrage gestellt wird.



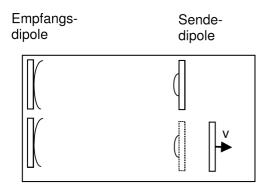
Hinten:

Ablauf der Ereignisse bis zur Abschnürung der Halbwelle bei T/2 im Ruhsystem

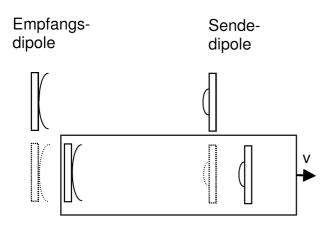
Vorn:

Nach vollständiger Transformation sämtlicher Ereignispunkte aus dem Ruhsystem ins bewegte Zugsystem ergibt sich korrekte Übereinstimmung der Beobachterdaten aus Ruhsystem und Zugsystem. In beiden Systemen öffnen vordere und hintere Tür gleichzeitig. Die übliche Argumentation geht von der Voraussetzung aus, dass nach Einschalten der Lampe die Wellenfronten im Zug wie auf dem Bahnsteig mit gleicher Geschwindigkeit laufen. Dazu müssten die elektromagnetischen Wellen das Zugsystem verlassen, neben dem Zug herlaufen und beim Erreichen der Türen wieder eintreten. Es fände also mehrmals ein Systemwechsel bei der Lichtausbreitung statt. Damit aber werden vergleichbare Ergebnisse unmöglich. Hintergrund ist die Rettung des Prinzips von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Es wird übersehen, dass dieses Prinzip nur auf eine konkrete Experimentiersituation in einem ausgewählten System angewendet werden kann – entweder auf den ruhenden Bahndamm oder auf den bewegten Zug.

Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit wurde aus folgender Experimentiersituation abgeleitet:



Innerhalb eines Inertialsystems werden zeit- und ortsgleich Wellenfronten von einem ruhenden und einem bewegten Dipol gestartet. Diese Fronten erreichen zeit- und ortsgleich die Empfangsdipole, so dass die Geschwindigkeit der Fronten. bezogen auf das Ruhsystem, immer konstant ist - unabhängig von der Geschwindigkeit v des bewegten Dipols. Nicht ortsgleich erfolgt die Abschnürung der ersten Halbwelle vom bewegten Dipol, so dass dieser Punkt eine längere Laufstrecke zum Empfänger zurücklegen muss und entsprechend später (d.h. nicht zeitgleich) eintrifft. Die "Konstanz der Lichtgeschwindigkeit" betrifft also nur die Wellenfront der ersten Halbwelle, nicht die Bewegung des gesamten Feldkomplexes. Da der Start der zweiten (und jeder weiteren) Halbwelle des bewegten Dipols an immer entfernteren Orten (d.h. nicht ortsgleich) erfolgt, wird jeder Vergleich irrelevant.



Statt der Betrachtung aller Ereignisse innerhalb eines einzigen Inertialsystems, kann der bewegte Dipol auch in ein relativ bewegtes Inertialsystem verlegt werden, das aus dem Ruhsystem beobachtet wird. Jetzt kommt es zu der scheinbar "logischen" Behauptung, dass der Empfangsdipol nach rechts der Front "entgegeneilt" und diese eher erreicht als beim selben Vorgang im Ruhsystem: Die Gleichzeitigkeit gilt offenbar nicht mehr. Warum? Die Beurteilung von Ereignissen bleibt nur vergleichbar, wenn alle Ereignisse auf ein einziges System bezogen werden. Der Blick vom Ruhsystem ins bewegte System führt nur zu korrekter Wahrnehmung, wenn nicht nur einzelne Punkte ins Ruhsystem projiziert werden, sondern zu einem bestimmten Zeitpunkt zunächst jedem Ereignis im bewegten System entsprechende Ortskoordinaten zugeordnet werden, die dann insgesamt ins Ruhsystem transformiert werden. Das Bild zeigt sämtliche relevante Ortskoordinaten des bewegten Systems zum Zeitpunkt T/2. Der Abstand von Sender und Empfänger ist immer konstant, so dass auch c = konst. gültig bleibt. Die Irritationen entstehen allein durch den Bezug von Ereignissen mal in dieses, mal in jenes Inertialsystem.

Wechselt der Beobachter seine Position und experimentiert er nur im bewegten System, so lösen sich alle Verwirrungen auf: Die Lichtgeschwindigkeit einer Front (und des Abschnürpunktes) vom Sender zum Empfänger ist stets konstant – unabhängig von der Relativgeschwindigkeit v gegenüber dem Ruhsystem.