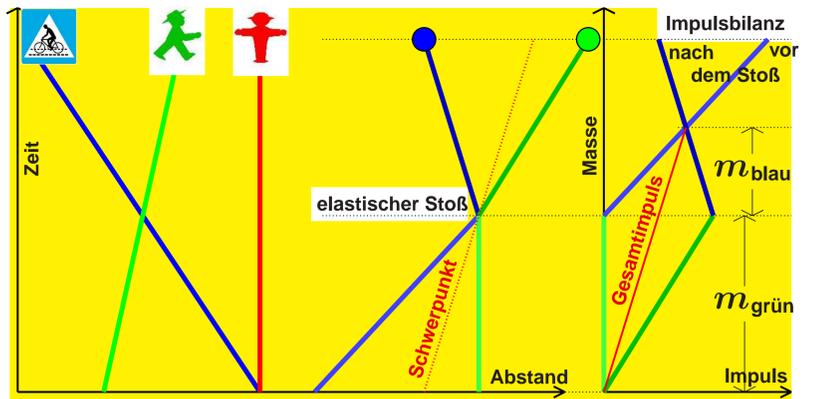


# Der kürzeste Weg zur berühmtesten Formel der Wissenschaft führt über die Geometrie auf dem Registrierstreifen

# $E = mc^2$

Liébscher 2004



Wir erinnern uns:

1. Kräftefreie (hier horizontale) Bewegung hinterläßt auf dem Registrierstreifen (der hier nach unten gezogen wird) **gerade** Linien (Galileisches Axiom).
2. Die Neigung der Linien gegen die Vertikale ist die **Geschwindigkeit**.
3. **Masse** ist der Faktor, mit dem die Geschwindigkeiten multipliziert werden müssen, damit ihre so gewichtete Summe erhalten bleibt (Huygensches Axiom). Das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit heißt **Impuls**.
4. Weil der Impuls bei fehlender äußerer Einwirkung erhalten bleibt, ist das Maß einer solchen Einwirkung, die **Kraft**  $K$ , proportional der Änderung des Impulses mit der Zeit (2.Newtonsches Axiom)
5. **Energie** ist die zentrale Bilanzgröße in einem System mit zeitunabhängigen äußeren Bedingungen. Die Energiezufuhr durch Beschleunigung ist gleich **Kraft mal Weg**.

## Wir analysieren die Registrierung eines Zerfalls in zwei gleiche Teile:

Bei O zerfällt ein Objekt in zwei gleiche Teile. Wir bewegen es vorher so, dass eins der Fragmente am Ort des Zerfalls liegen bleibt. Der Impulssatz verlangt nun

**Symmetrie.**

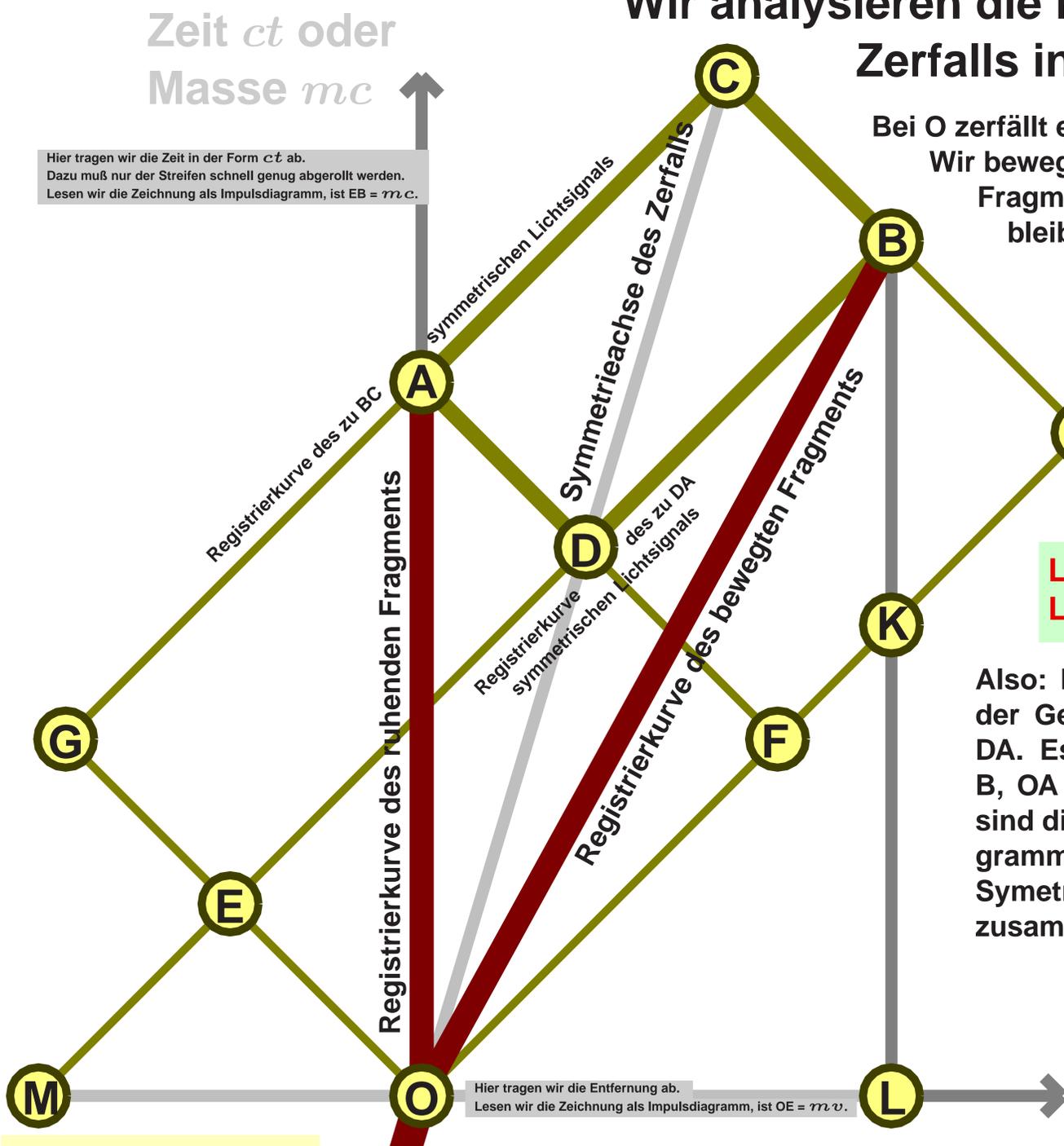
**Aber:**

Die Spiegelung auf dem Registrierstreifen ist **nicht** mehr die der gewohnten Zeichenebene!

**Lichtgeschwindigkeit bleibt Lichtgeschwindigkeit ( $c$ )!**

Also: Die Gerade BC ist Spiegelbild der Gerade AC, DB Spiegelbild von DA. Es folgt: A ist Spiegelbild von B, OA Spiegelbild von OB. A und B sind die Ecken eines Impulsparallelogramms, dessen eine Diagonale die Symmetrieachse ist. Nun rechnen wir zusammen:

Abstand  $s$  oder Impuls  $mv$



$$\begin{aligned}
 (mc)^2 &= 2 MLB, \\
 (mv)^2 &= 2 OLK, \\
 (m_0c)^2 &= 2 GOFA, \\
 MLB - OLK &= MOKB \\
 &= EOHB \\
 &= GOFA
 \end{aligned}$$

$OL/LB = v/c$  ist die Geschwindigkeit des bewegten Fragments. Das Verhältnis der bewegten Masse  $m[v]$  zur Ruhmasse  $m_0$  ist  $m/m_0 = LB/OA$ . Die Auswertung der Zeichnung ergibt  $m^2c^2 = m_0^2c^2 + m^2v^2$ . Wenn man die Zuwächse ansieht, ist das  $m dm c^2 = mv d(mv) = m ds K = m dE_{\text{kinetisch}}$

Wenn erstens die Gesamtmasse und ebenso die Gesamtenergie erhalten bleiben, und wenn zweitens ein Teil der Energie fest proportional zu einem entsprechenden Teil der Masse ist, dann muss alle Energie einheitlich proportional der Masse sein:

# $E = mc^2$