
Was Sie aus diesem *essential* mitnehmen können

- Die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie haben dazu geführt, das Konzept der Zeit und des Raumes völlig neu zu denken: „Die Zeit“ an sich gibt es nicht.
- Satellitenuhren *bewegen* sich in einem schwächeren *Gravitationspotenzial*. Je nach Bahnhöhe gehen sie daher im Allgemeinen schneller oder langsamer als Referenzuhren auf der Erde.
- Die relative Frequenzveränderung ist

$$\left(\frac{\Delta f}{f}\right)_{(r)SRT+ART} = -\left(\frac{3GM}{2ac^2} + \frac{\Phi_E}{c^2}\right) + \frac{2GM}{c^2} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{r}\right)$$

- Die Uhren von Navigationssatelliten werden relativistisch korrigiert. Dies hat in erster Linie praktische Gründe.
- Beim Ortungsvorgang werden die Empfängeruhren mit den Satellitenuhren synchronisiert. Daher würde man die relativistische Uhrendrift mit einem normalen Empfänger ohne Atomuhr nicht bemerken.
- Die relativistischen Einflüsse konnten durch Messung der Signale von Navigationssatelliten auf Bruchteile einer Nanosekunde genau bestätigt werden.

Literatur

1. Beyvers, G., & Rosenbaum, E. (2009). *Kleines 1×1 der Relativitätstheorie: Einsteins Physik mit Mathematik der Mittelstufe*. Heidelberg: Springer.
2. Fließbach, T. (2012). *Allgemeine Relativitätstheorie* (Bd. 7). Berlin: Springer Spektrum.
3. Giorgi, G., Lulf, M., Günther, C., Herrmann, S., Kunst, D., Finke, F., & Lämmerzahl, C. (2016). Testing general relativity using Galileo satellite signals. In Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2016 24th European (S. 1058–1062). IEEE.
4. Mansfeld, W. (2013). *Satellitenortung und Navigation: Grundlagen und Anwendung globaler Satellitennavigationssysteme*. Wiesbaden: Springer.
5. Schüttler, T. (2014). *Satellitenavigation: Wie sie funktioniert und wie sie unseren Alltag beeinflusst*. Berlin: Springer.
6. Sonne, B., & Weiß, R. (2013). *Einsteins Theorien: Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie für interessierte Einsteiger und zur Wiederholung*. Berlin: Springer.