

# Albert Einstein

1. Einsteins Bedeutung für die Physik des 20. Jahrhunderts
2. Der photoelektrische Effekt und die Hypothese der Lichtquanten
3. Philipp Lenard – Leben und Persönlichkeit
4. Die Spezielle Relativitätstheorie
5. Ein Modell und ein Experiment zur relativistischen Zeitdilatation
6. Albert Einstein – Leben und Persönlichkeit
7. Die Allgemeine Relativitätstheorie

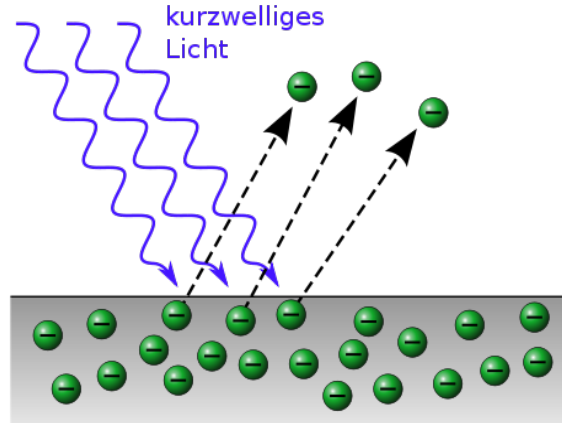
# Einsteins Veröffentlichungen aus dem Jahre 1905

1. 17. März:  
"Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt."
2. 30. April:  
"Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen."
3. 11. Mai:  
„Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen."
4. 30. Juni:  
"Zur Elektrodynamik bewegter Körper."
5. 27. September:  
"Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?"

# Die Geschichte des Photoeffekts - von der Entdeckung zur Lichtquantenhypothese



1839 Becquerel



1887 Hertz



1888 Hallwachs



1900 Lenard



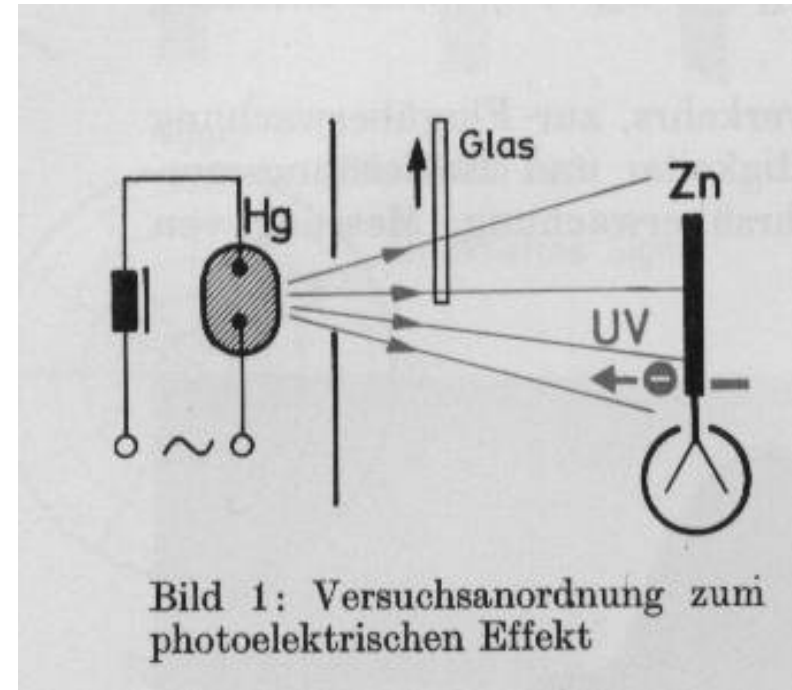
1905 Einstein



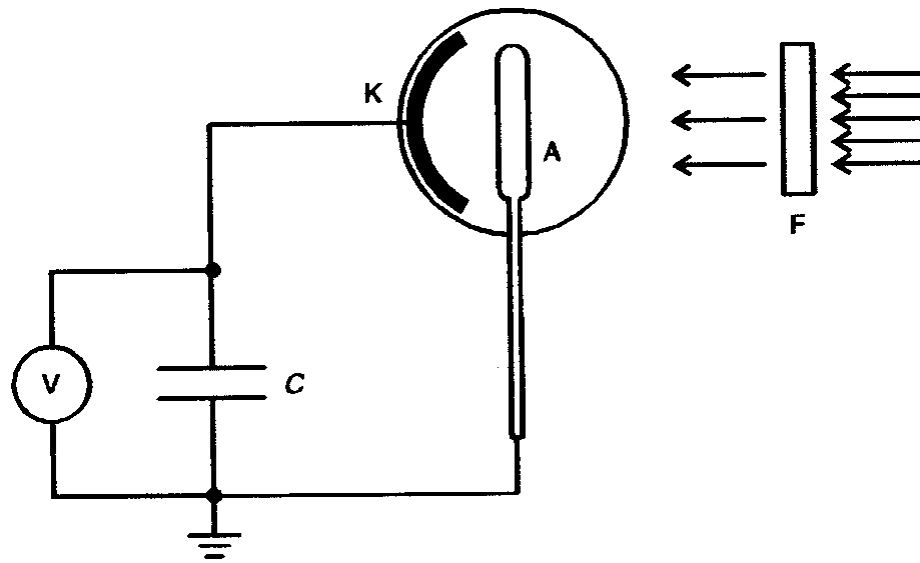
1915 Millikan

# Photoeffekt – qualitative Experimente

- Eine negativ geladene Metallplatte wird durch das Licht einer Kohlebogen- oder Hg-Dampflampe entladen.
- Die Schnelligkeit der Entladung hängt von der Bestrahlungsstärke (Intensität) des Lichts ab.
- Eine Glasplatte zwischen Lampe und Platte verhindert die Entladung
- Lädt man die Platte positiv auf, so wird sie nicht entladen.
- Durch das Licht einer normalen Glühlampe wird die geladene Platte nicht entladen



## Prinzipschaltbild der Apparatur



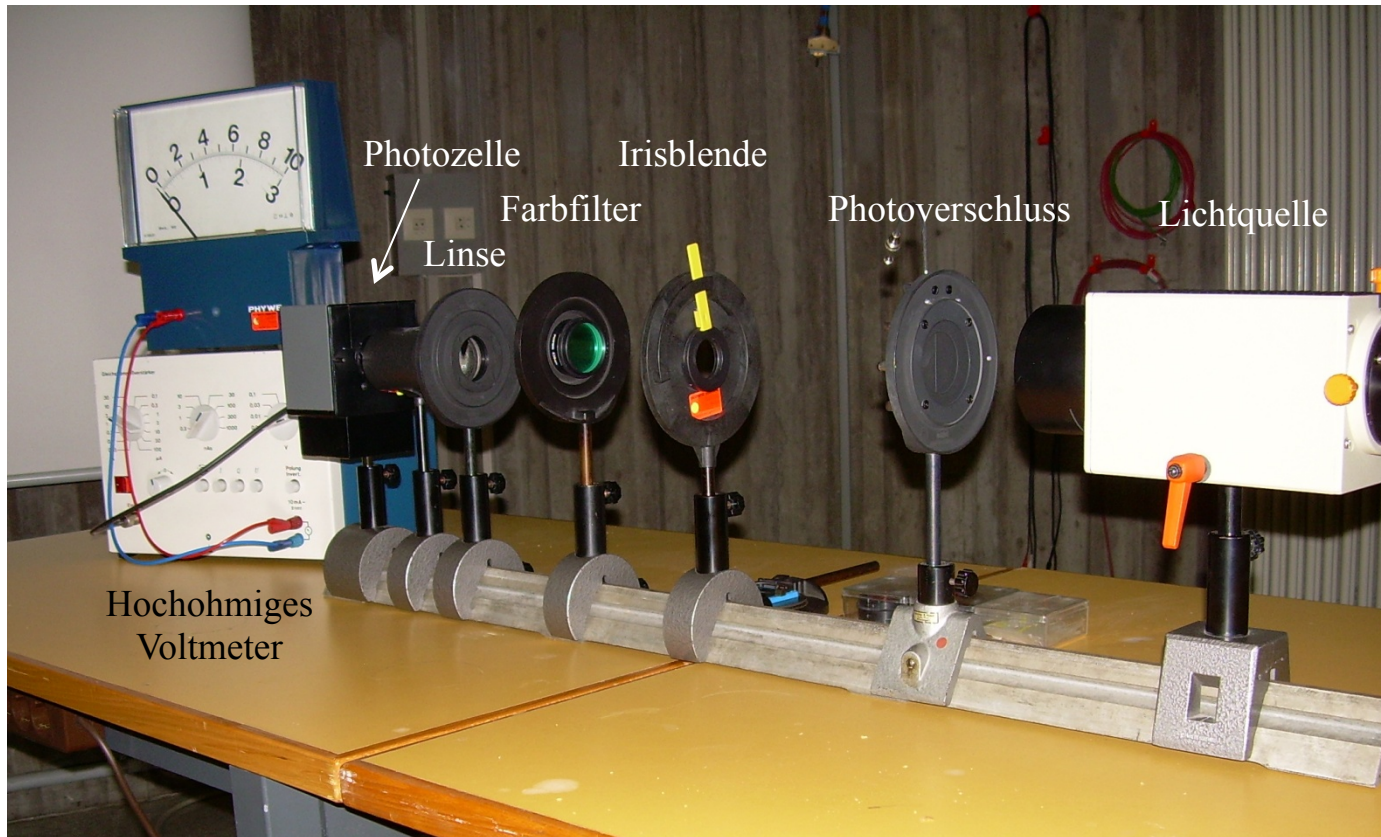
Bezeichnungen: K: Kathode, A: Anode der Photozelle

F: Farbfilter

C: Kondensator

V: hochohmiges Spannungsmessgerät (Messverstärker)

# Photoeffekt: Messung der Abhängigkeit der Elektronenenergie von der Farbe des Lichts



Experimenteller Aufbau

# Abhängigkeit zwischen Spannung U und Frequenz f

## Photoeffekt

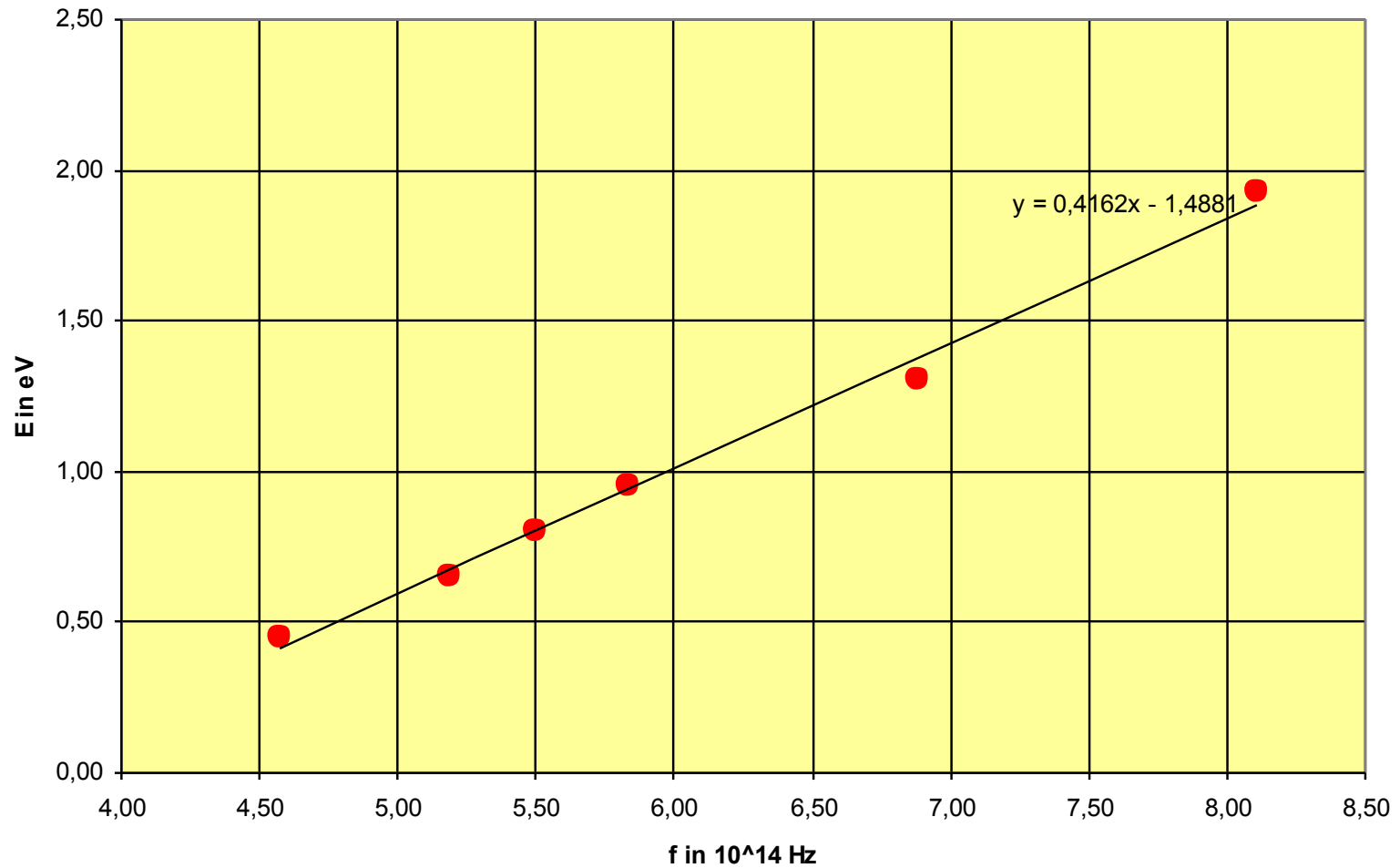
### 1. Direkte Spannungsmessung

25.05.05

	$\lambda$ [nm]	f [Hz]	f*1E-14	U [V]
rot	656	4,57E+14	4,57	0,45
gelb	578	5,19E+14	5,19	0,65
grün-1	546	5,49E+14	5,49	0,80
grün-2	514	5,84E+14	5,84	0,95
blau	436	6,88E+14	6,88	1,31
ultraviolett	370	8,11E+14	8,11	1,93

Als Lichtquelle diente die 100W Experimentierlampe von Spindler und Hoyer

# Abhängigkeit der Elektronenenergie von der Lichtfrequenz



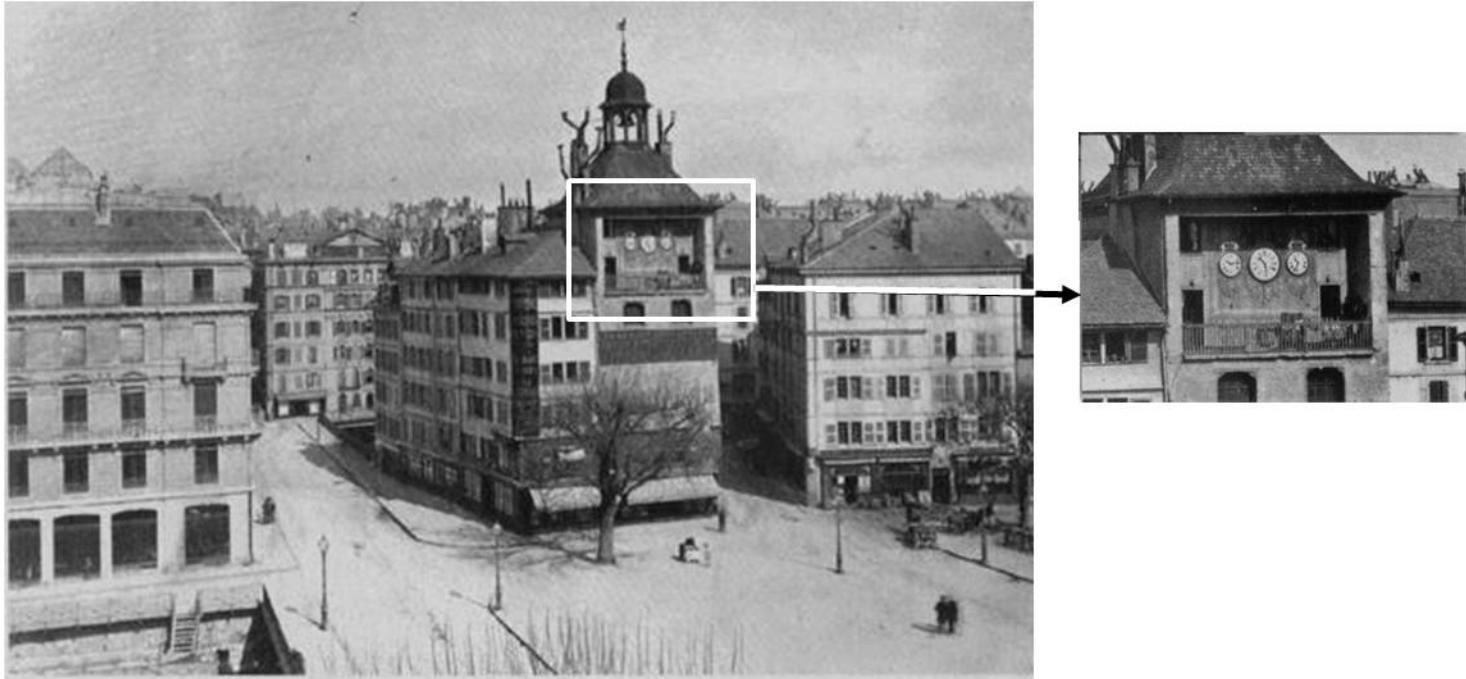


# Philipp Lenard (1862 – 1947)



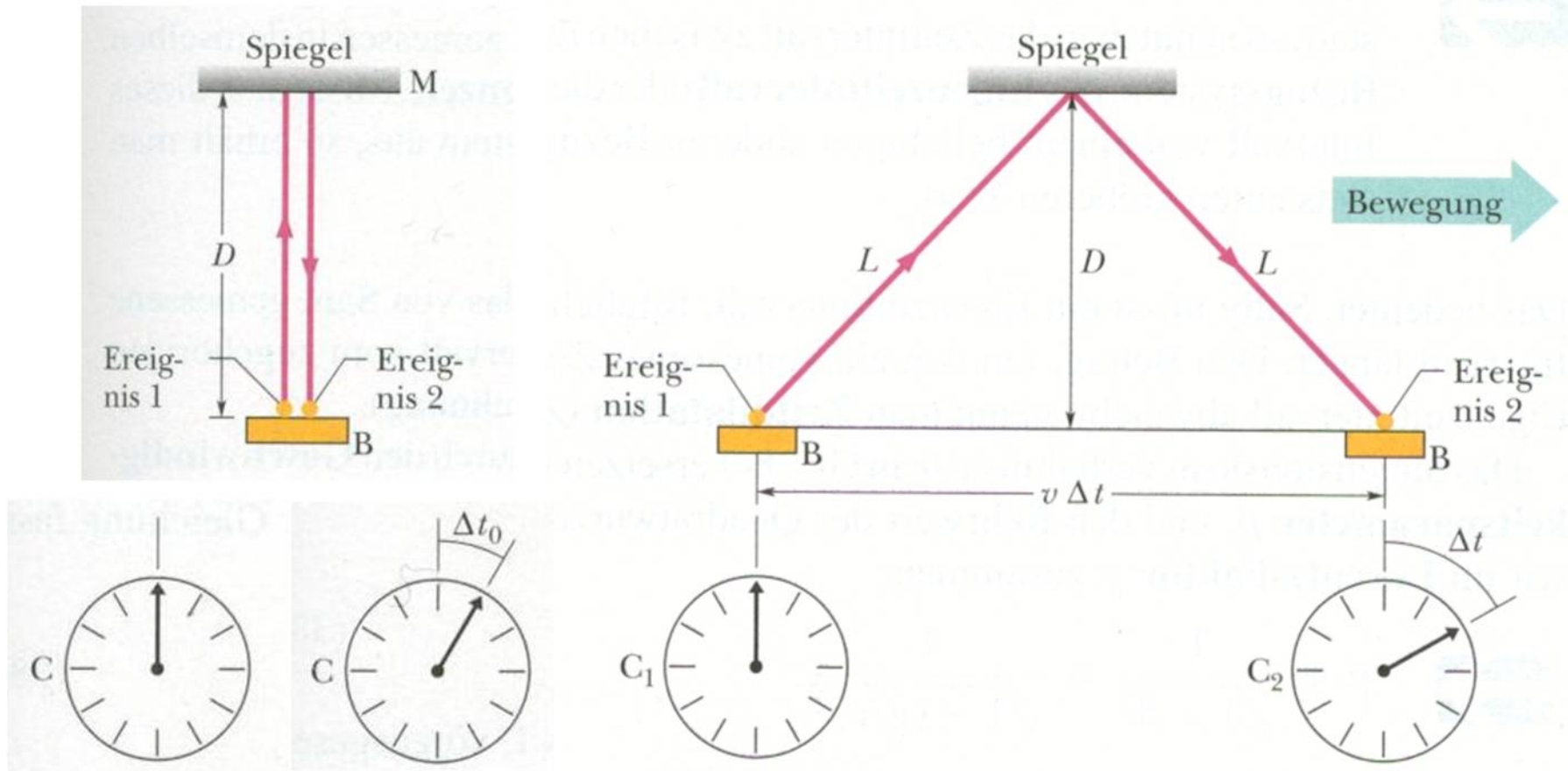
- 1862 Geboren in Pressburg, heute Bratislava
- 1880 Studium der Chemie und Physik in  
Budapest, Wien, Heidelberg und Berlin
- 1886 Promotion in Heidelberg, danach Assistent  
bei Quincke
- 1891 Dozent in Bonn, Kathodenstrahlexperimente
- 1898 Ordinarius in Kiel
- 1900 Entdeckung der Gesetzmäßigkeiten des  
Photoeffekts
- 1905 Nobelpreis für Physik
- 1907 Lehrstuhl in Heidelberg
- 1924 Aufruf „Hitlergeist und Wissenschaft“,  
zusammen mit Johannes Stark
- 1936 Lehrbuch „Deutsche Physik“

## Das Bahnhofsgebäude in Genf um 1860

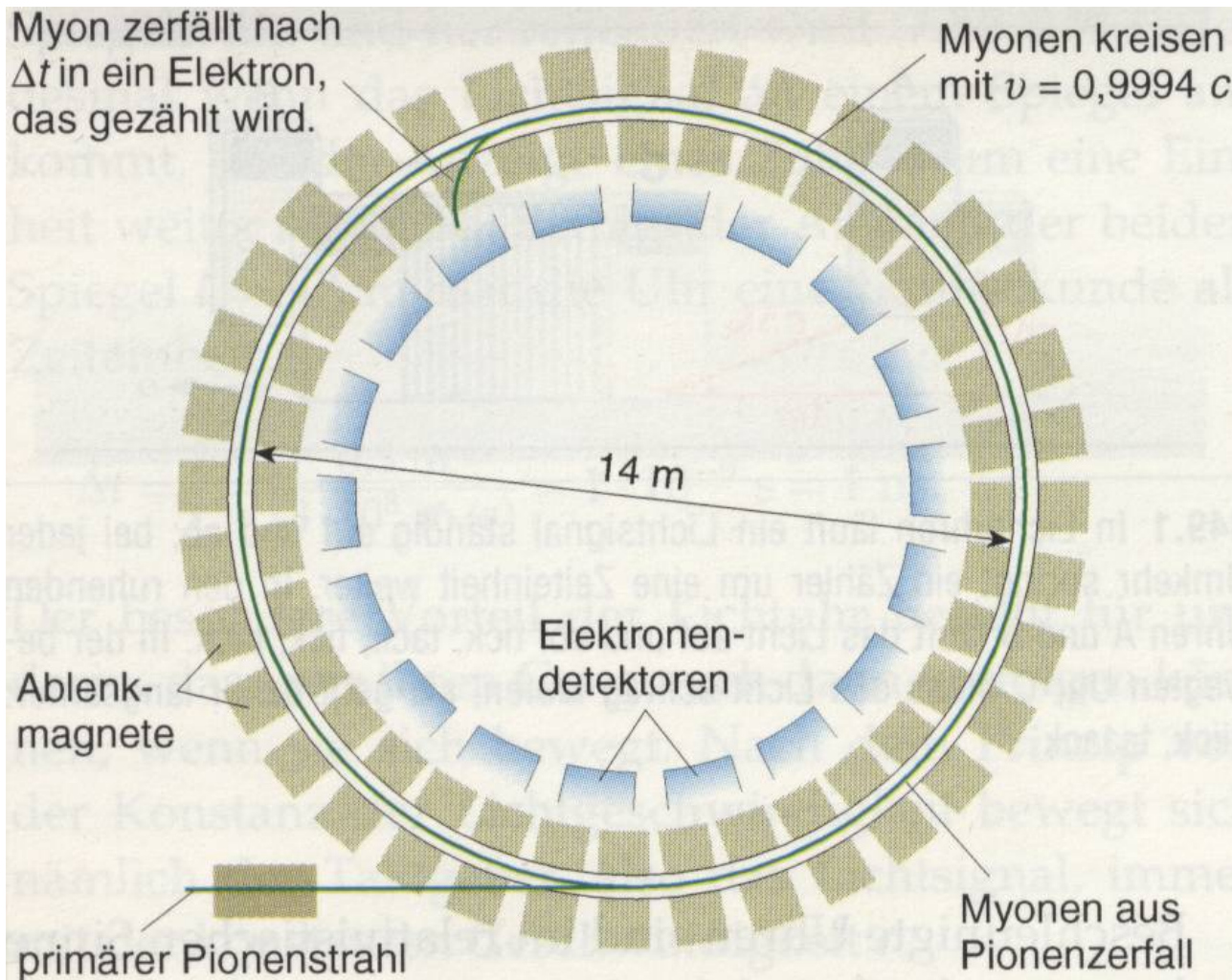


Die drei Uhren zeigen die Zeiten in Bern, Genf und Paris an.  
Gegenüber der Genfer Uhr geht die Berner um 4 Minuten vor,  
die Pariser um 16 Minuten nach.

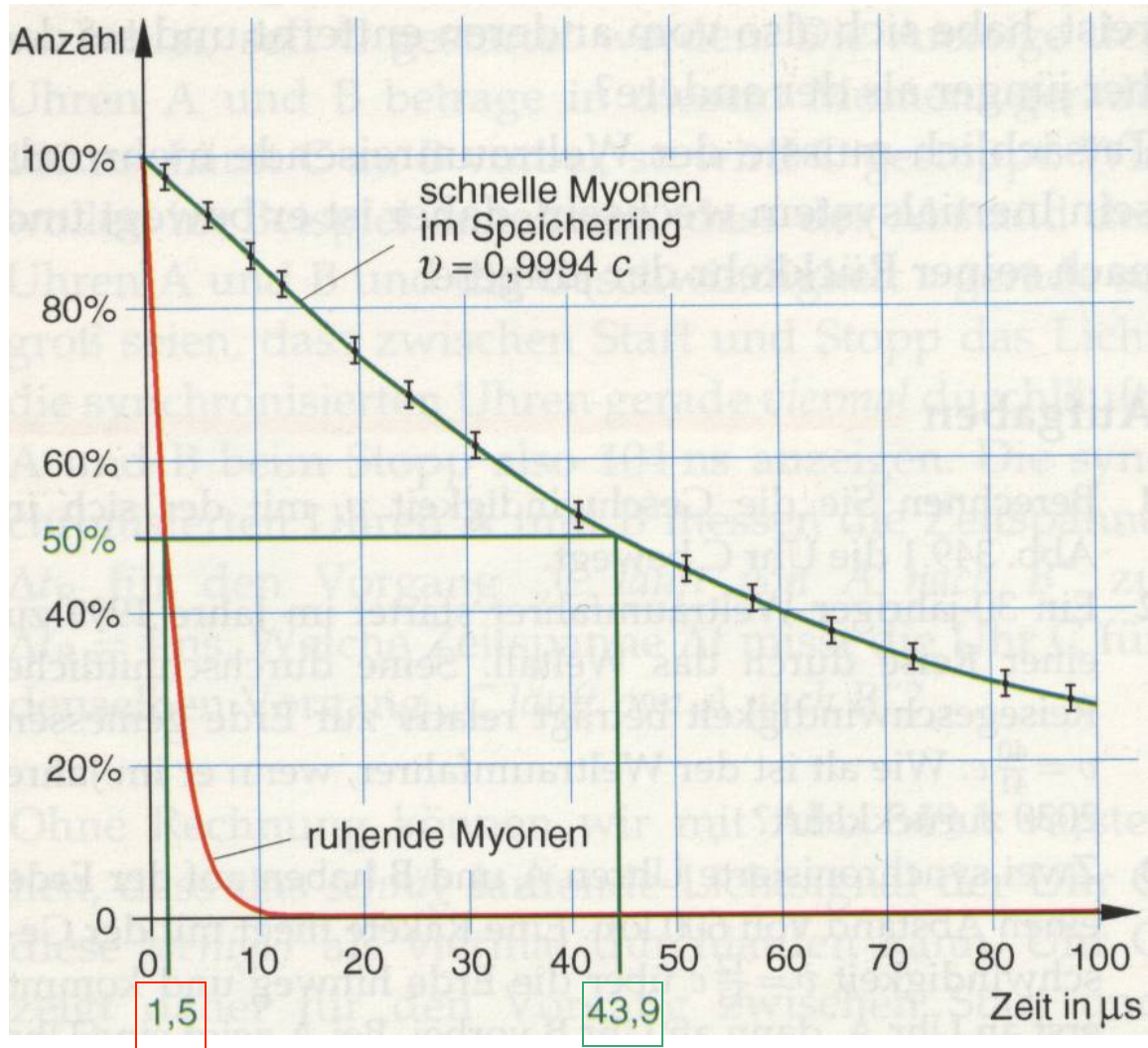
# Erklärung der Zeitdehnung mit Hilfe von Lichtuhren



Die linke Uhr befindet sich in Ruhe, die rechte bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v$

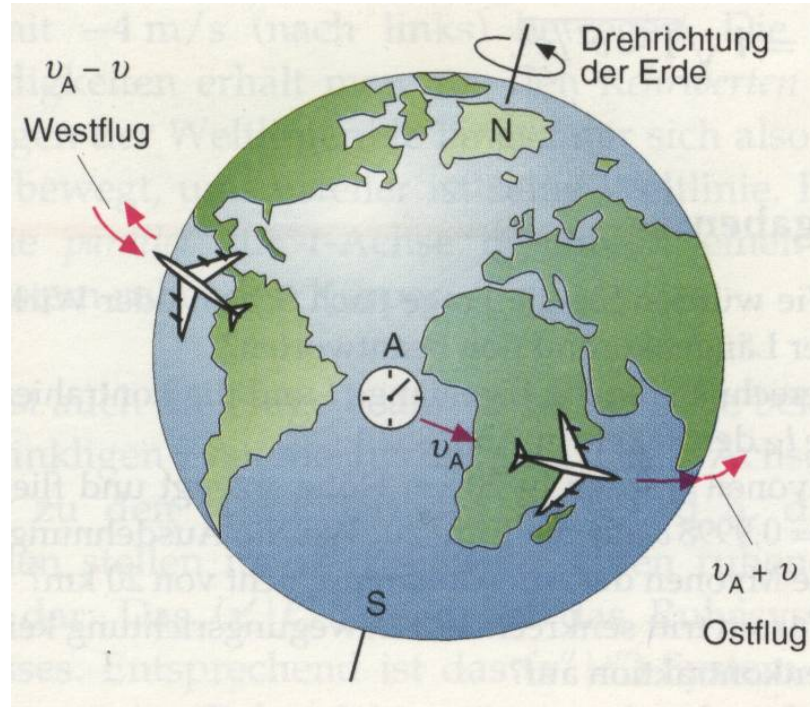


Nachweis der Zeitdilatation im Müonen-Speichering des CERN  
(1959)



Zerfallskurven für ruhende und sehr schnelle Müonen

# Das Experiment von Hafele und Keating (1971)

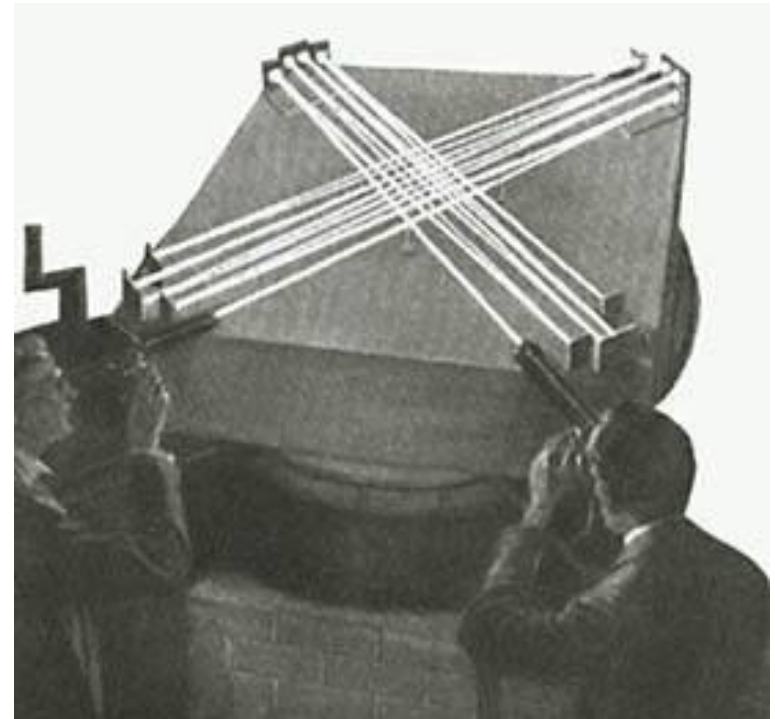
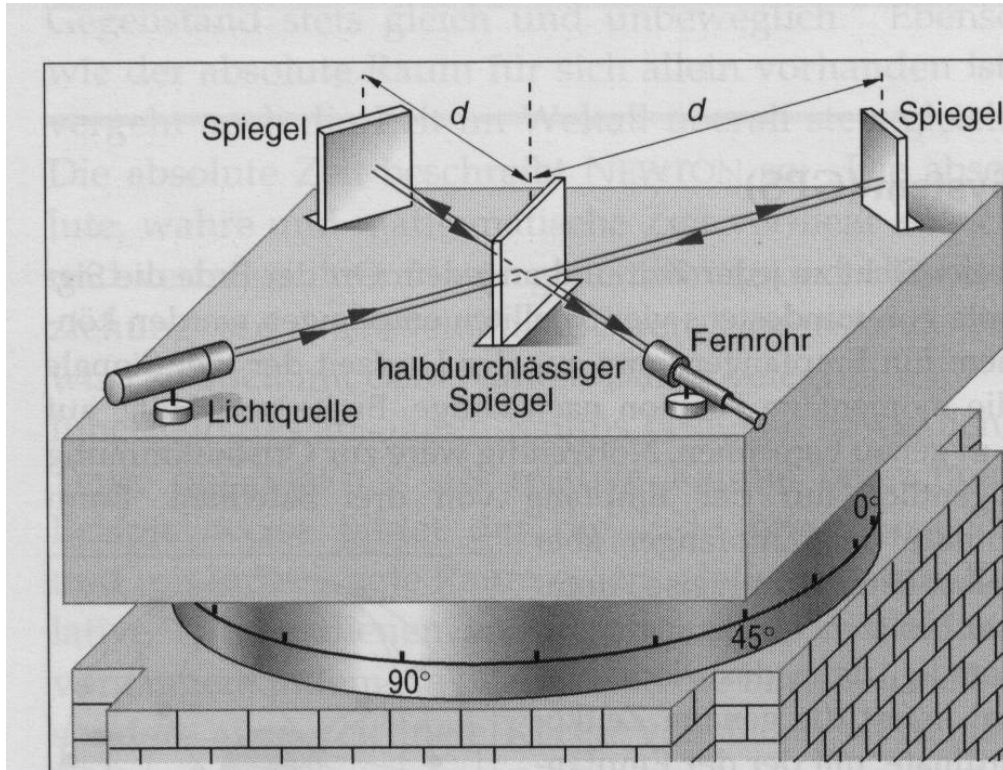


	Vorhergesagt			Gemessen
	Gravitation (ART)	Geschwindigkeit (SRT)	Gesamt	
Ostwärts	$144 \pm 14$ ns	$-184 \pm 18$ ns	$-40 \pm 23$ ns	$-59 \pm 10$ ns
Westwärts	$179 \pm 18$ ns	$96 \pm 10$ ns	$275 \pm 21$ ns	$273 \pm 7$ ns



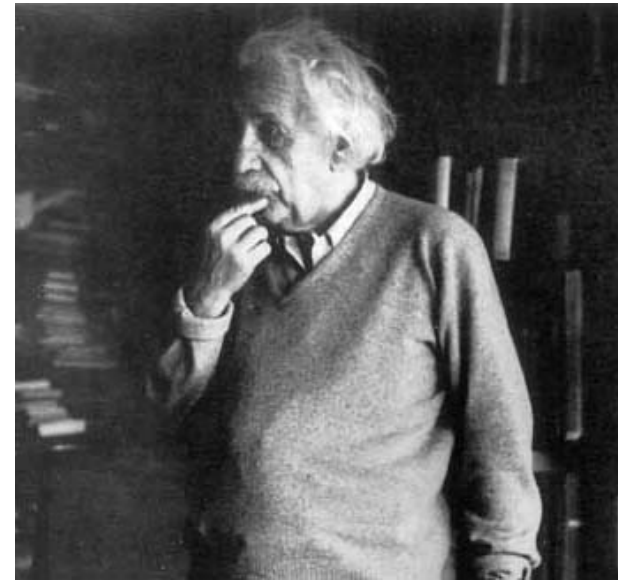
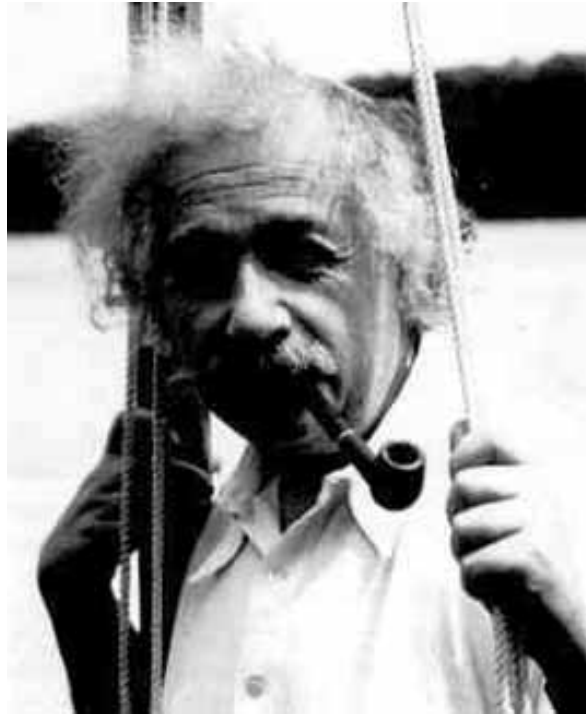
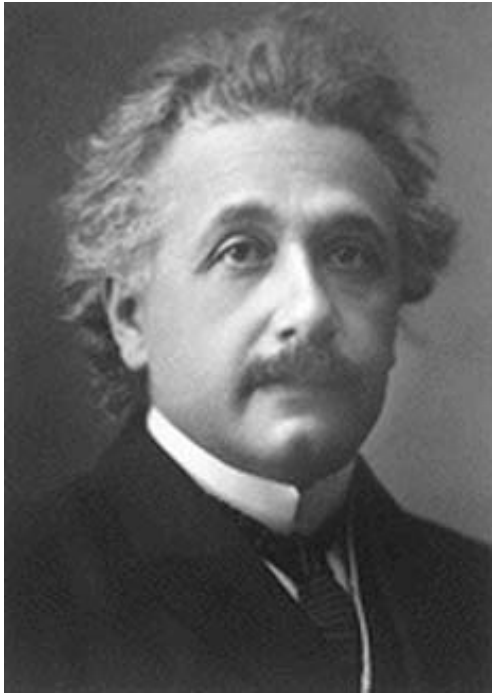
Das Zwillingsparadoxon

# Das Experiment von Michelson





# Albert Einstein (1879 - 1955)



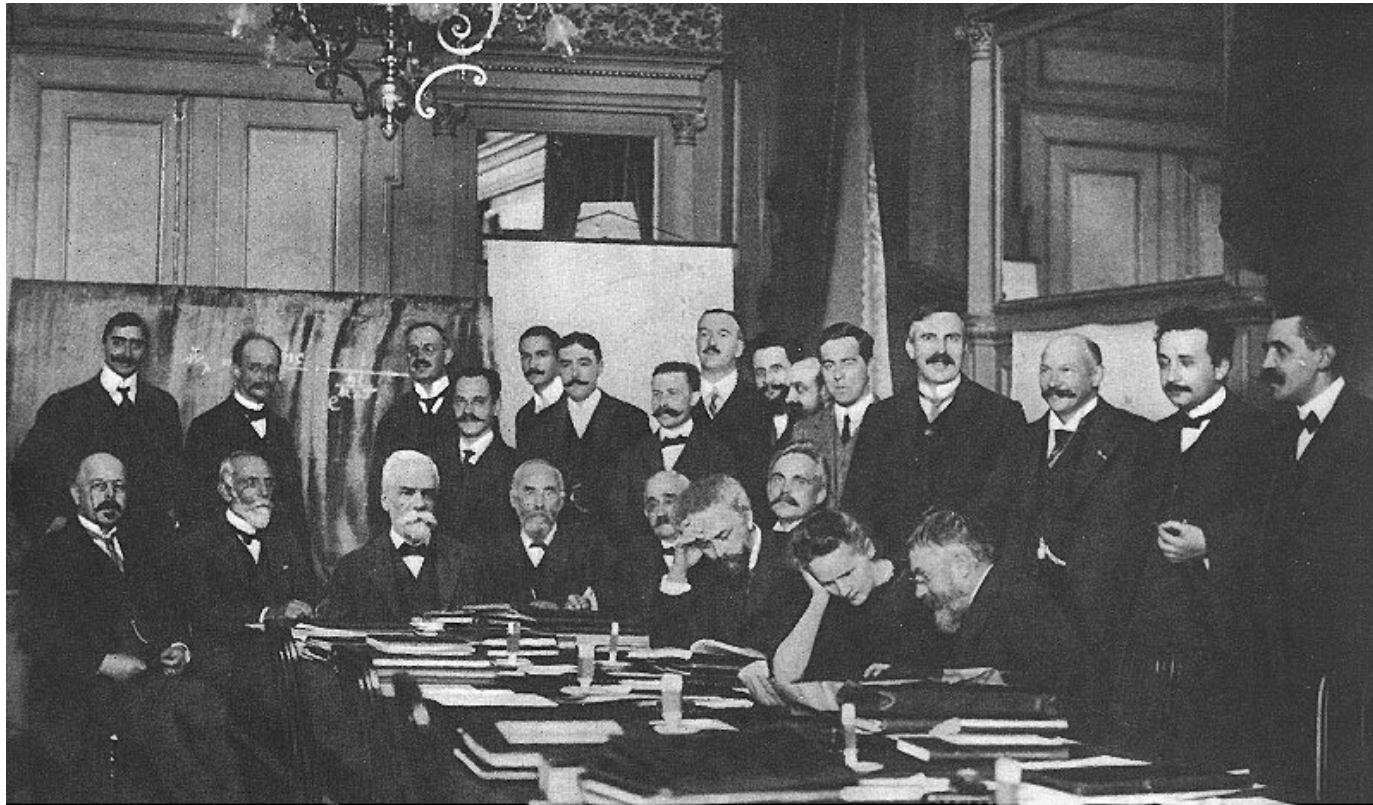
# Albert Einstein (1879 - 1955)



Einsteins Arbeitszimmer

- 1879 Geboren in Ulm
- 1896 Abitur in Aarau als Klassenbester, danach Studium der Mathematik und Physik am Züricher Polytechnikum (heute ETH)
- 1902 Anstellung im Patentamt Bern
- 1905 „Wunderjahr“: Lichtquantenhypothese und Spezielle Relativitätstheorie
- 1911 Ordinarius in Prag, danach an der ETH
- 1914 Mitglied der preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin
- 1915 Allgemeine Relativitätstheorie, die vier Jahre später bestätigt wurde
- 1922 Nobelpreis für Physik
- 1933 Emigration in die USA
- 1939 Brief an Präsident Roosevelt über die Gefahr einer deutschen Atombombe
- 1955 Tod in Princeton

# Die Solvay-Konferenz von 1911



GOLDSCHMIDT  
NERNST

PLANCK  
BRILLOUIN

RUBENS  
SOMMERFELD

LINDEMANN  
M. DE BROGLIE

HASENDRHL  
HOSTELET

KNUDSEN  
WARBURG  
PERRIN

HERZEN  
WIEN

JEANS  
Madame CURIE

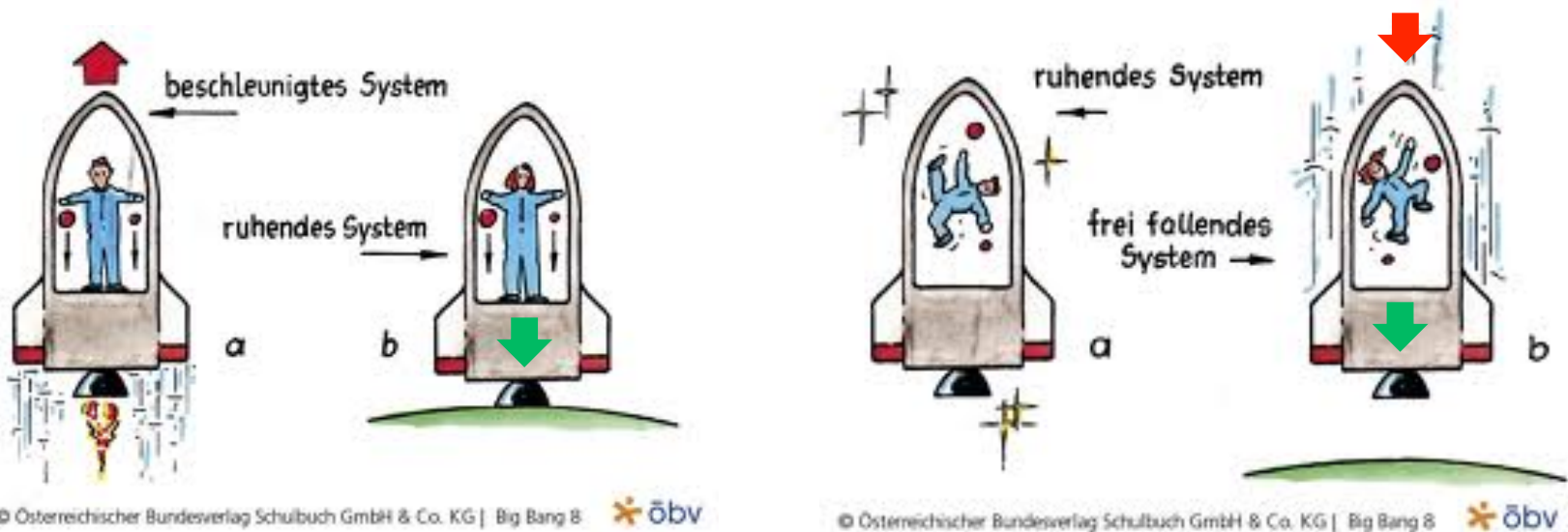
RUTHERFORD

POINCARÉ

EINSTEIN  
KAMERLINGH ONNES

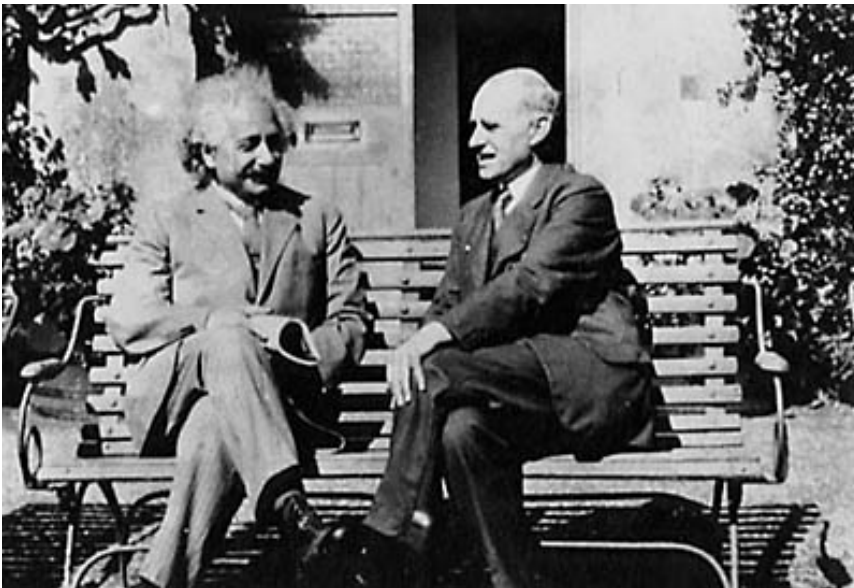
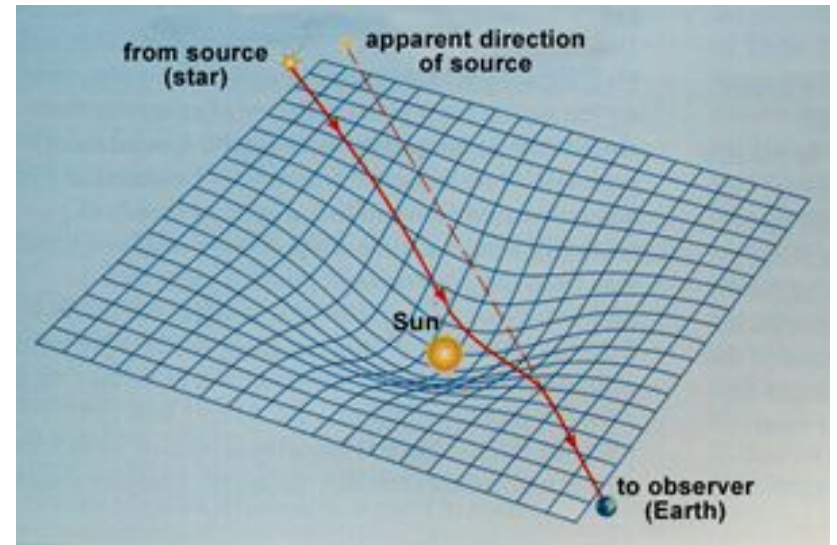
LANCEVIN

# Das Äquivalenzprinzip der Allgemeinen Relativitätstheorie

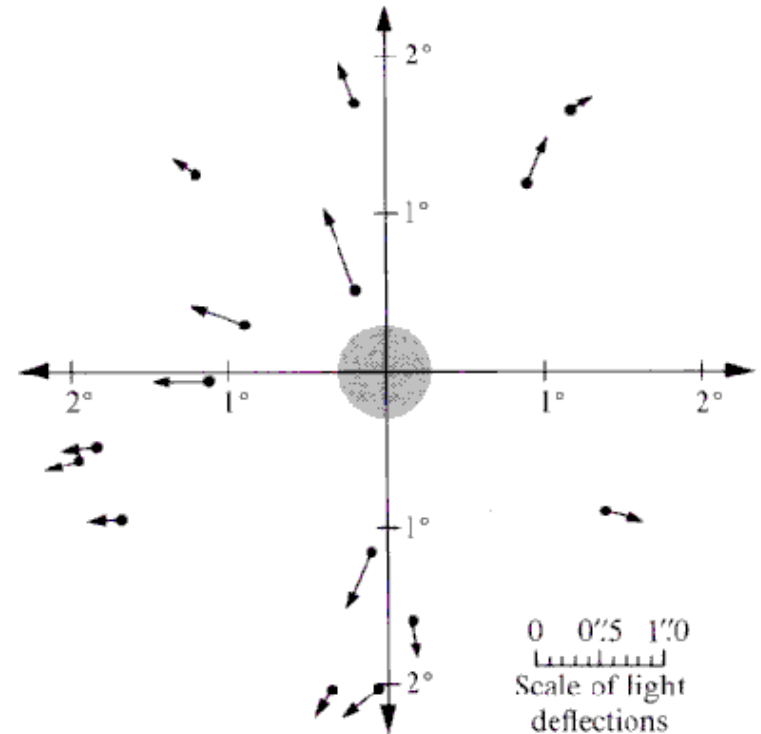


Die Wirkungen der Gravitation sind von denen der Beschleunigung nicht zu unterscheiden. Die grünen Pfeile kennzeichnen die Richtung der Gravitationskraft, die roten die Richtung der Beschleunigung.

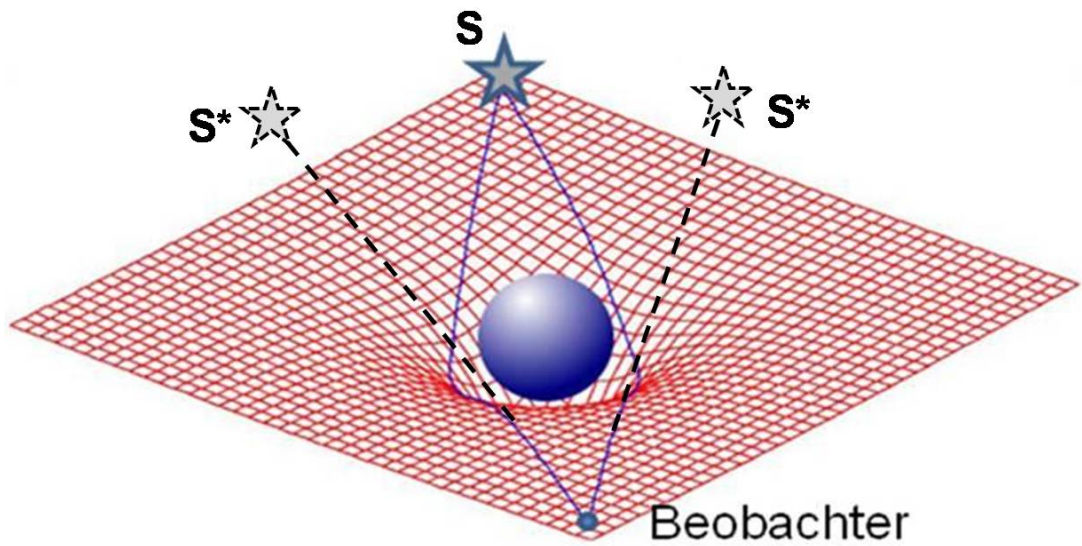
# Raumkrümmung und Lichtablenkung



Einstein und Eddington



# Gravitationslinsen



Die feinen Teilstücke von Ringen sind das durch eine Gravitationslinse verzerrte Bild einer Hintergrundgalaxie

