

Es werde Licht in Berlin und Brandenburg

Festrede anlässlich der Verleihung des VBKI-Wissenschaftspreises

Ingolf Hertel

Max-Born-Institut, Berlin Adlershof

Überblick

- Etwas Geschichte von Licht und Optik in Berlin und Brandenburg
- Die aktuelle Entwicklung des Clusters „Optische Technologien und Mikrosystemtechnik“
- Was ist eigentlich Licht?
- Beispiele aus Forschung und Entwicklung
 - vom Sonnenlicht über die Glühbirne zur LED
 - Kürzeste Zeiten und höchste Intensitäten in der Grundlagenforschung
 - Was Nichtlineare Optik mit dem Nobelpreis für Chemie zu tun hat

Historie

- ... am 20. September **1882** nahm der Oberbürgermeister Max von Forckenbeck **36 Bogenlampen** in Betrieb, die die Leipziger Straße von der Friedrichstraße bis zum Potsdamer Platz beleuchteten
- Die Begeisterung war grenzenlos. Emil Rathenau, Gründer der Berliner Elektrizitätswerke (**1884**, zusammen mit Edison), später AEG, feierte die junge Reichshauptstadt als „Stadt des Lichts“, die - dank exzessiver elektrischer Beleuchtung – „an der Spitze aller Kulturvölker“ stehe.



Historie

- Berlin-Besucher Thomas Edison (Erfinder – oder besser Vermarkter – der Glühbirne) befand laut *Berliner Tagblatt* 29.11.1911:
„ ... Nachtleben und Stupidität vertragen sich nicht miteinander. Die wachsende Neigung zum Nachtleben bedeutet daher auch wachsende geistige Frische [. . .] Elektrisches Licht aber bedeutet Nachtleben. Nachtleben bedeutet Fortschritt. **Berlin** ist auf dem besten Wege, **die fortschrittlichste Stadt in Europa** zu werden.“

zur Geschichte

Optischer Technologien in Berlin Brandenburg

- **1801:** Duncker (Pfarrer) patentiert eine Vielschleifmaschine
 - Optische Industrieanstalt Rathenow
- **1896:** 163 Optikunternehmen in Rathenow
- **Spätes 19. Jhd.:** Erste industrielle Optikproduktion (Goerz; später Zeiss) und Beleuchtungsprodukten (Osram) in Berlin
- **1939:** 2.244 Unternehmen und 27.248 Arbeitskräfte in und um Berlin
- 1945 Nach dem zweiten Weltkrieg waren 80 % der Industrie entweder zerstört oder wurden demontiert
 - West-Berlin: optische Datenübertragung & Lasertechnik
 - Ost-Berlin / Rathenow, Adlershof

Clusteranalyse: Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in BB

Anzahl der Unternehmensgründungen

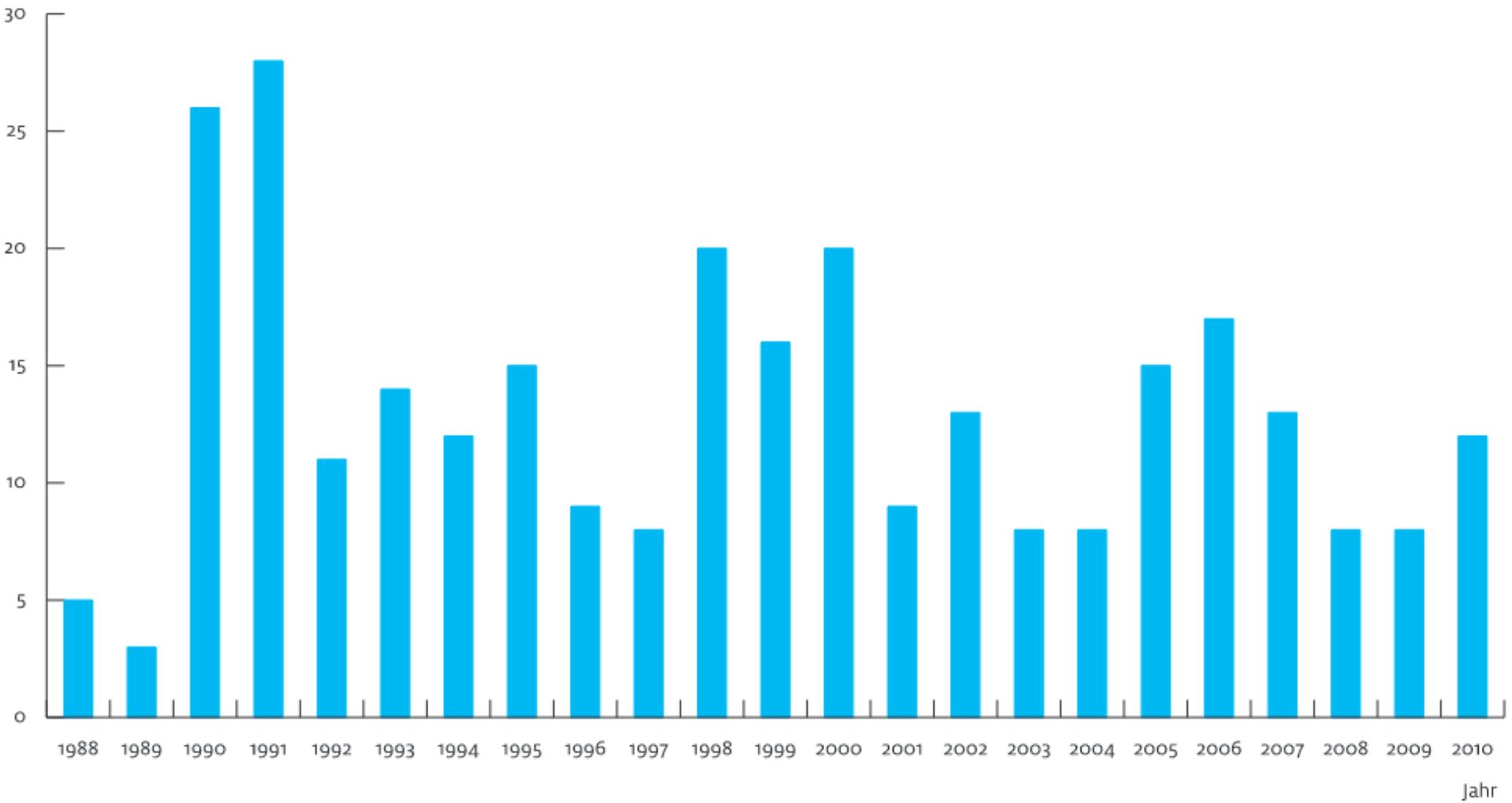
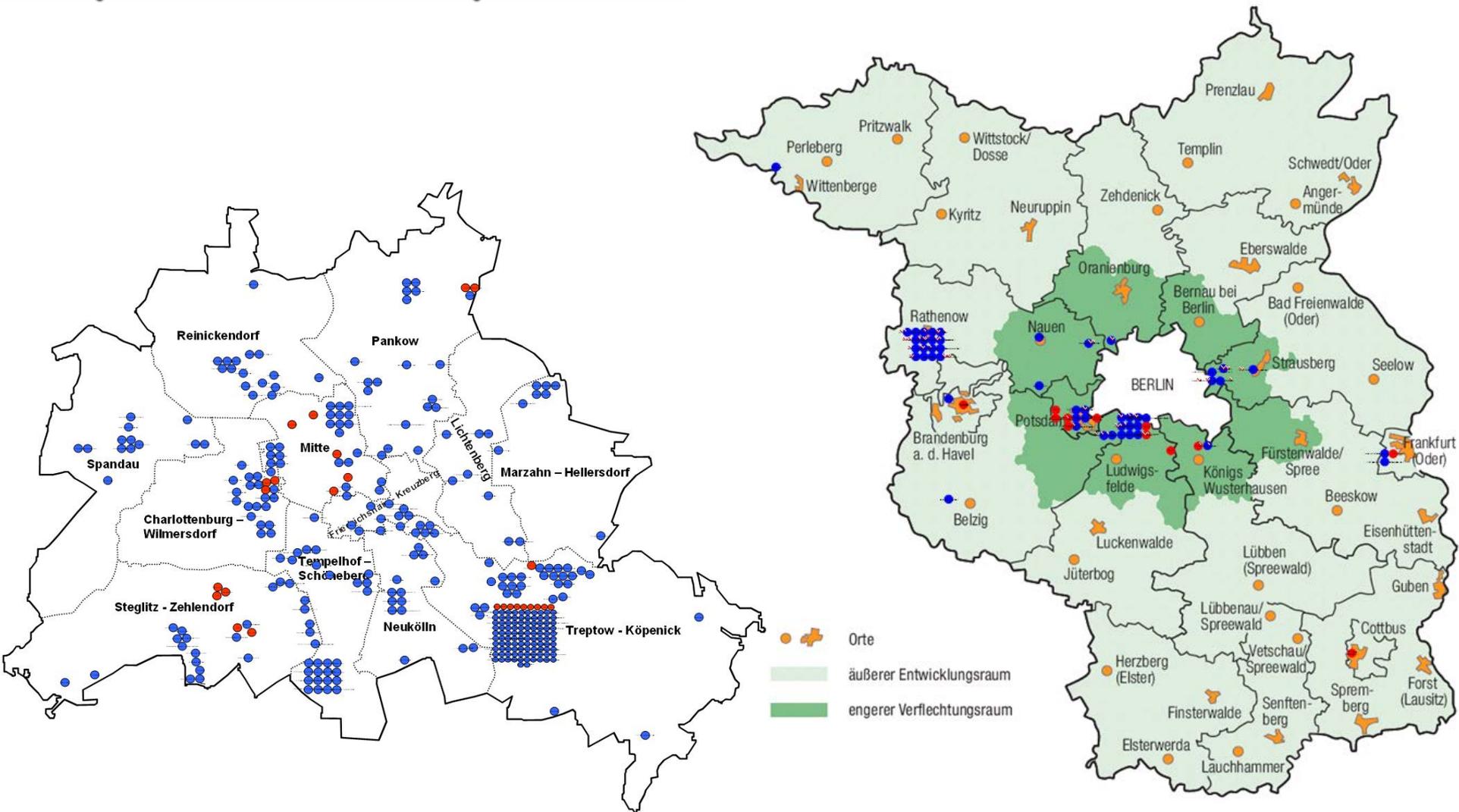


Abb. 1: Anzahl der Unternehmensgründungen im Bereich Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin-Brandenburg

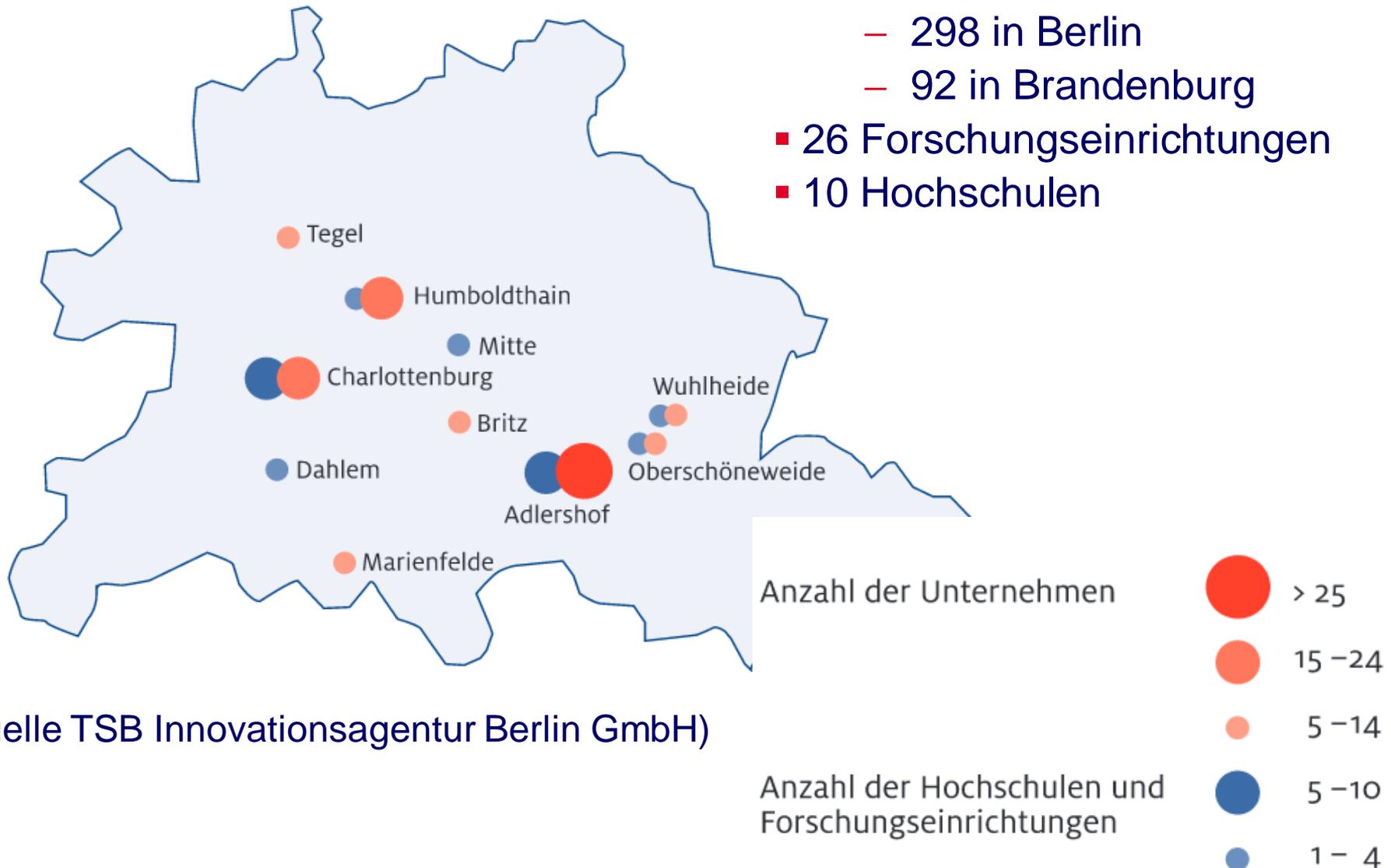
Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH, Handelsregister (Stand Oktober 2011)

Wissenschafts und Industriestandorte Optik & Mikrosystemtechnik in BB



Wissenschafts und Industriestandorte Optik & Mikrosystemtechnik in Berlin

- 390 Unternehmen:
 - 298 in Berlin
 - 92 in Brandenburg
- 26 Forschungseinrichtungen
- 10 Hochschulen



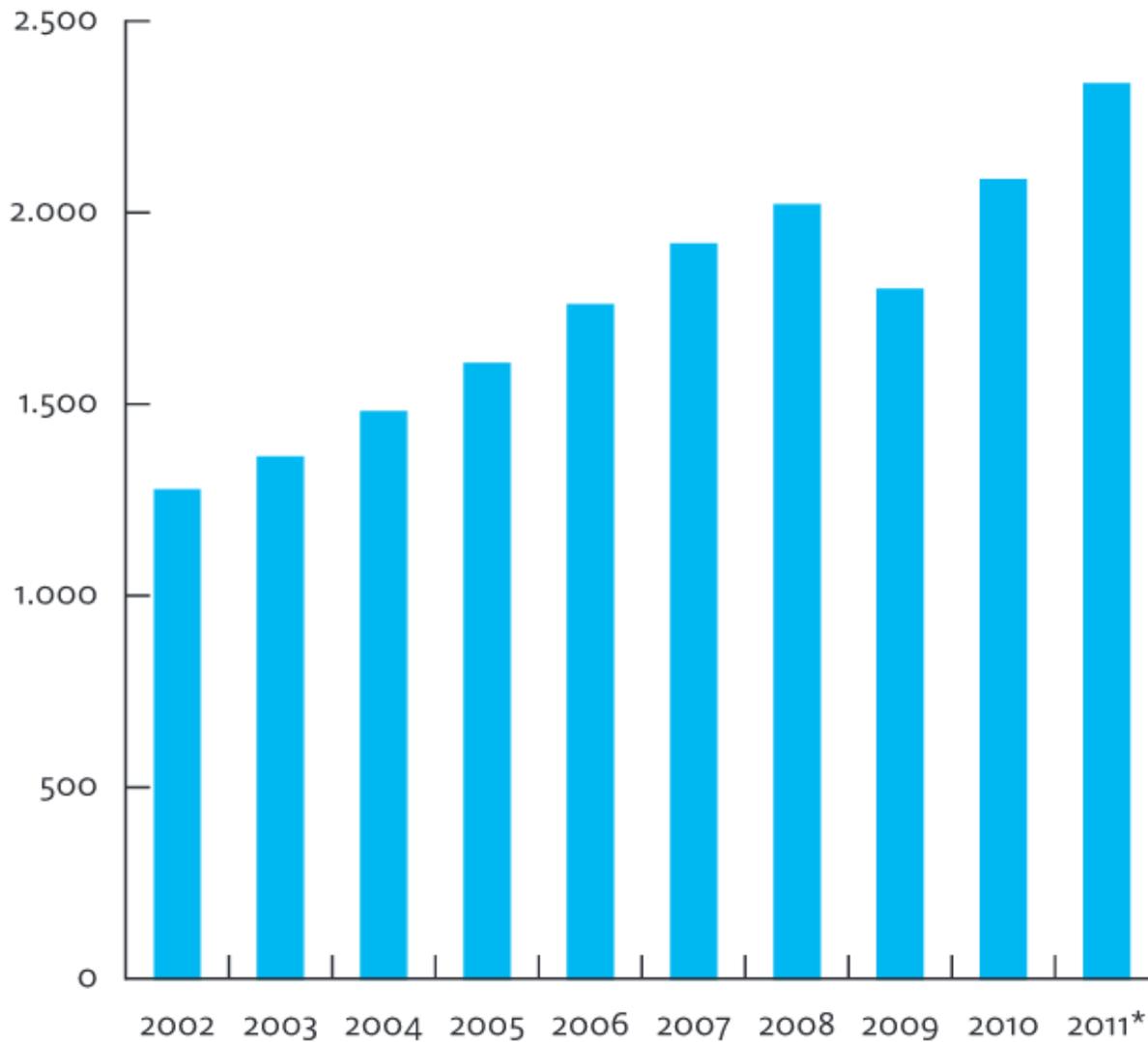
(Quelle TSB Innovationsagentur Berlin GmbH)

Umsatzentwicklung

Optische Technologien und Mikrosystemtechnik

(Quelle TSB Innovationsagentur Berlin GmbH)

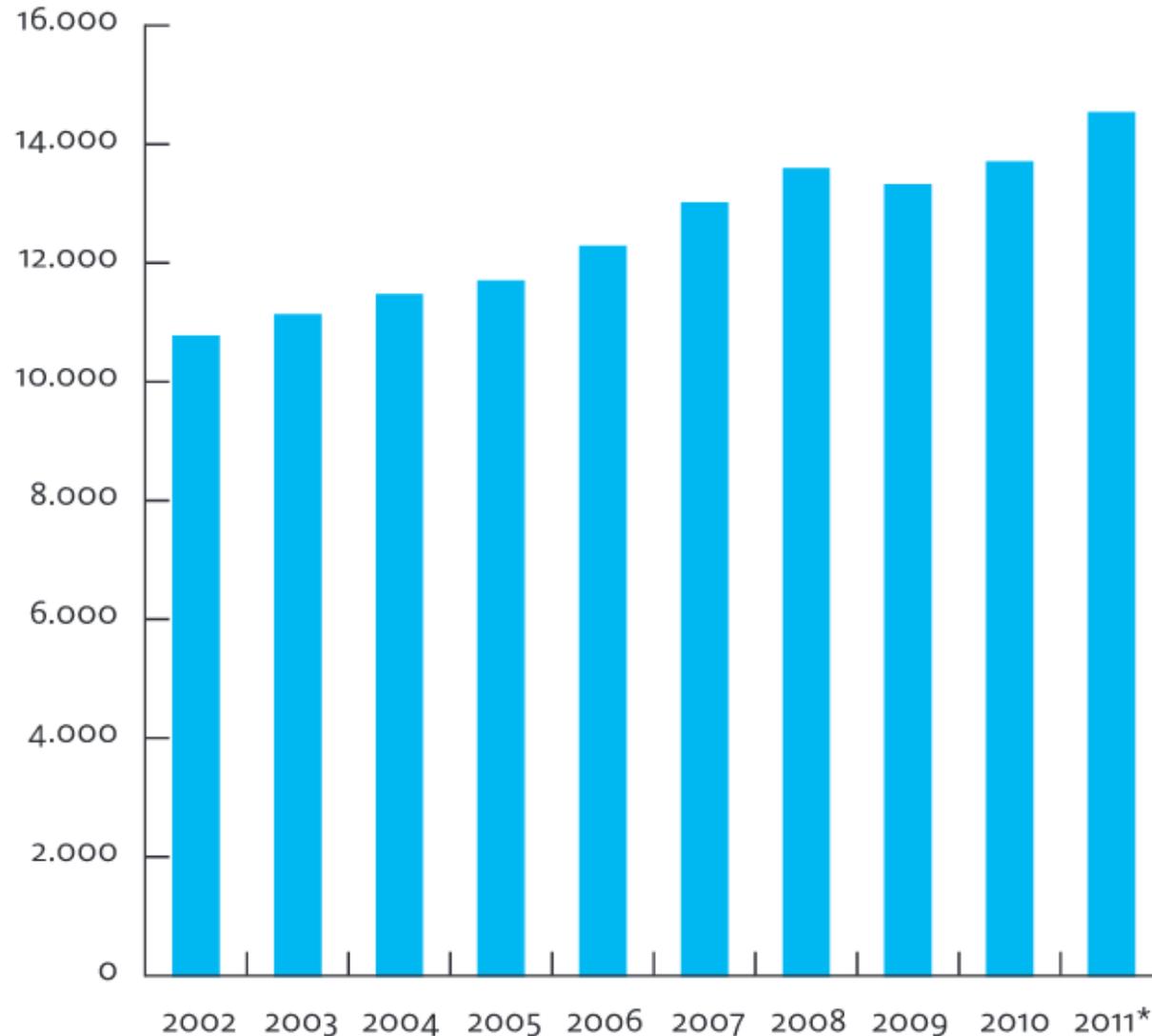
Umsatz in Mio. Euro



Anzahl der Beschäftigten Optische Technologien und Mikrosystemtechnik

(Quelle TSB Innovationsagentur Berlin GmbH)

Anzahl der Beschäftigten

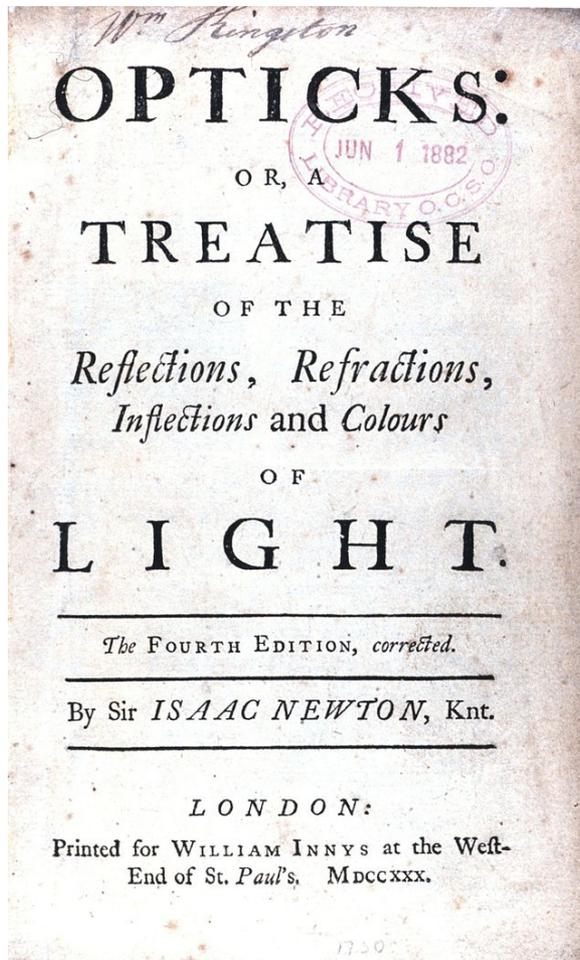


Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg

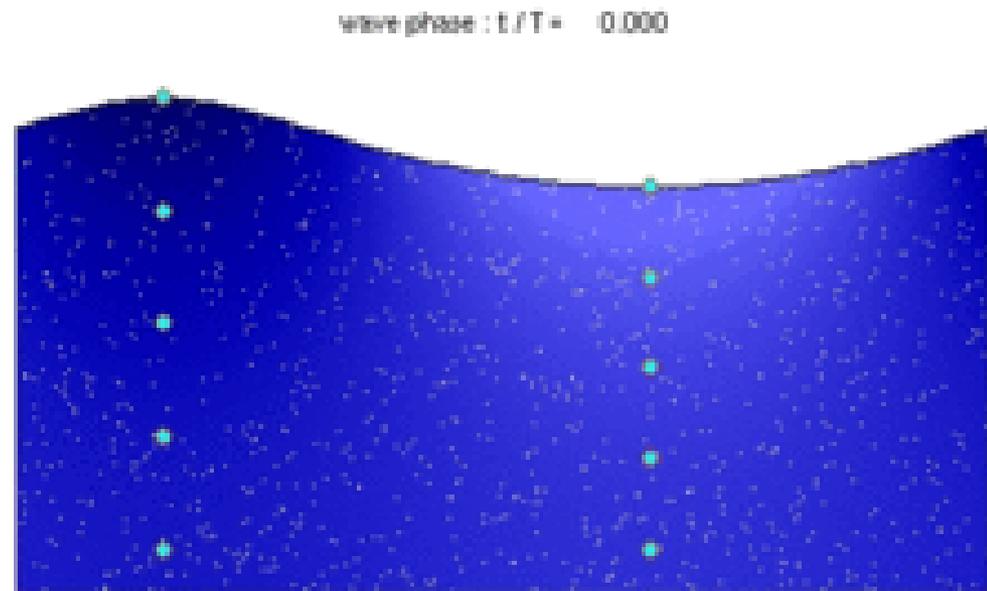
- 200 Jahre Tradition
- 390 technologie orientierte Unternehmen (298 in Berlin und 92 in Brandenburg)
- 10 Hochschulen und 26 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (11 in Brandenburg und 25 in Berlin).
- 16.600 Beschäftigte, ca. 2,2 Mrd. Euro Umsatz
- jährliches Wachstum (revenues) im Mittel 8%, davon Export share 68%, R&D-Anteil fast 17%.
- Schwerpunkte
 - Optische Komponenten und Materialien
 - Lasertechnik
 - Lichttechnik
 - Optische Analytik, Messtechnik und Sensorik
 - Optische Technologien in Biomedizin
 - Photonische Kommunikationstechnik
 - Mikrosystemtechnik

Was ist überhaupt Licht - Teilchen?

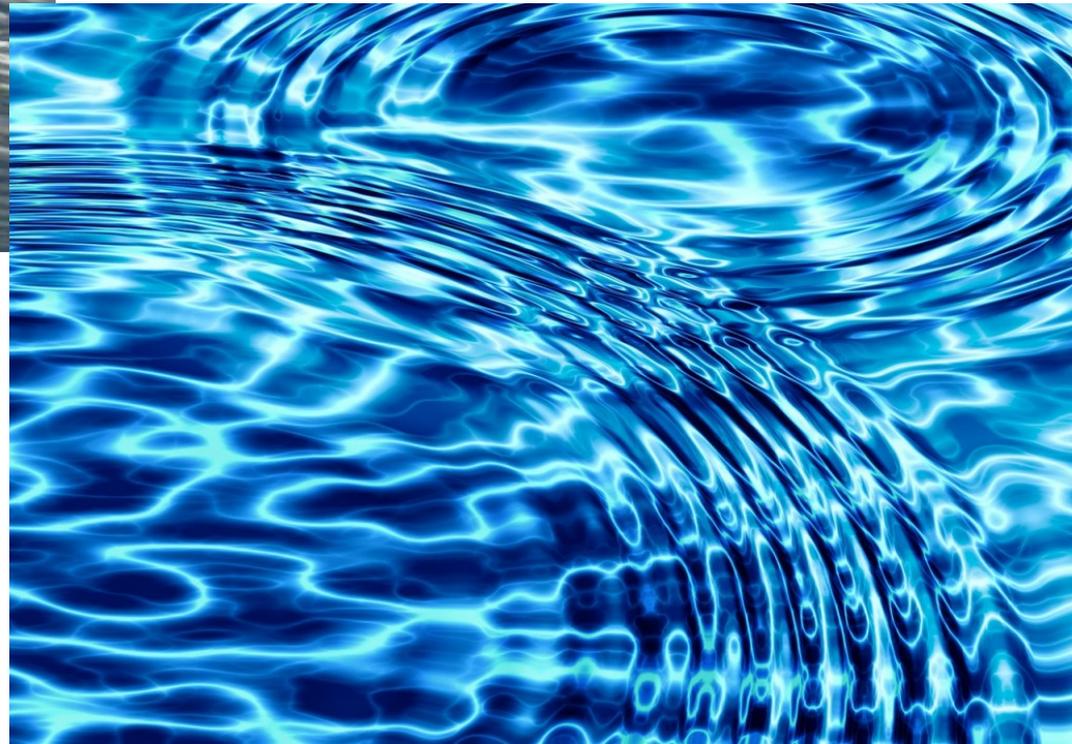
- Isaac Newton (1643-1727) war überzeugt: Licht ist ein Strom von Teilchen (Korpuskulartheorie)



Alternative: Wellen

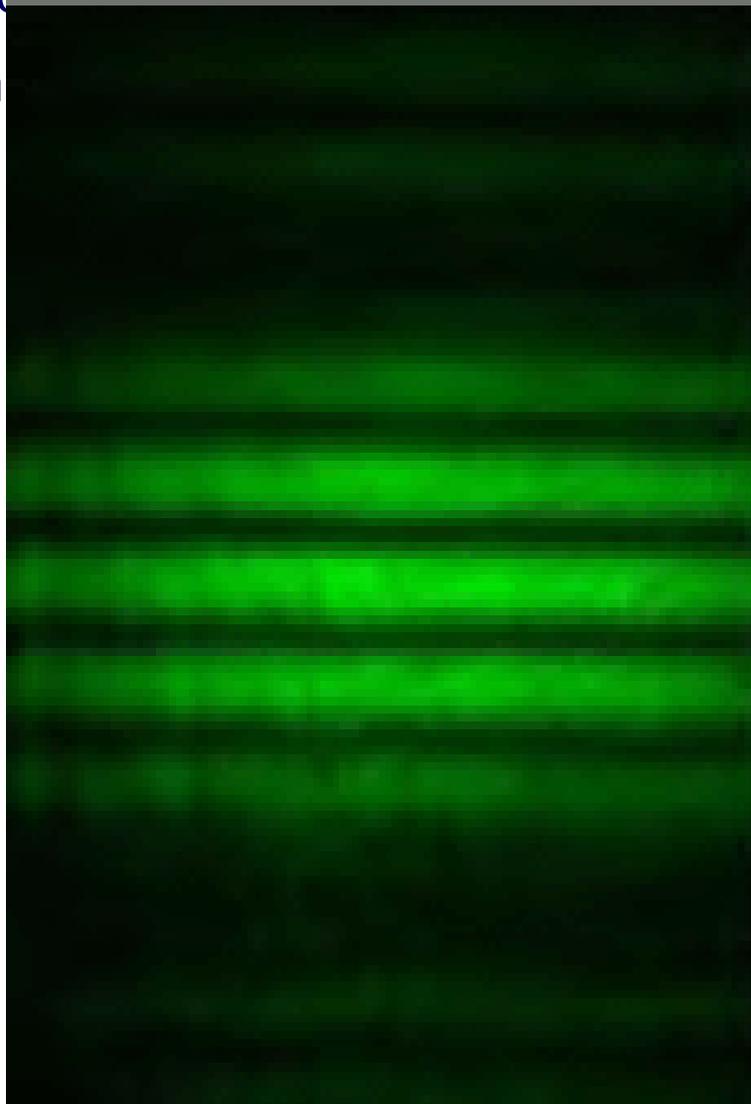
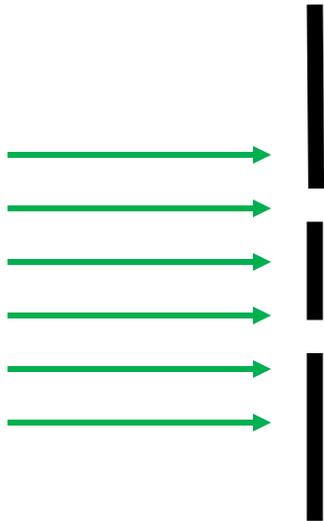


Charakteristisch für Wellen: Interferenz



Ein klärendes Experiment ... Wellen vs. Teilchen

- Thomas Young (1773-1829)
- Interferenz



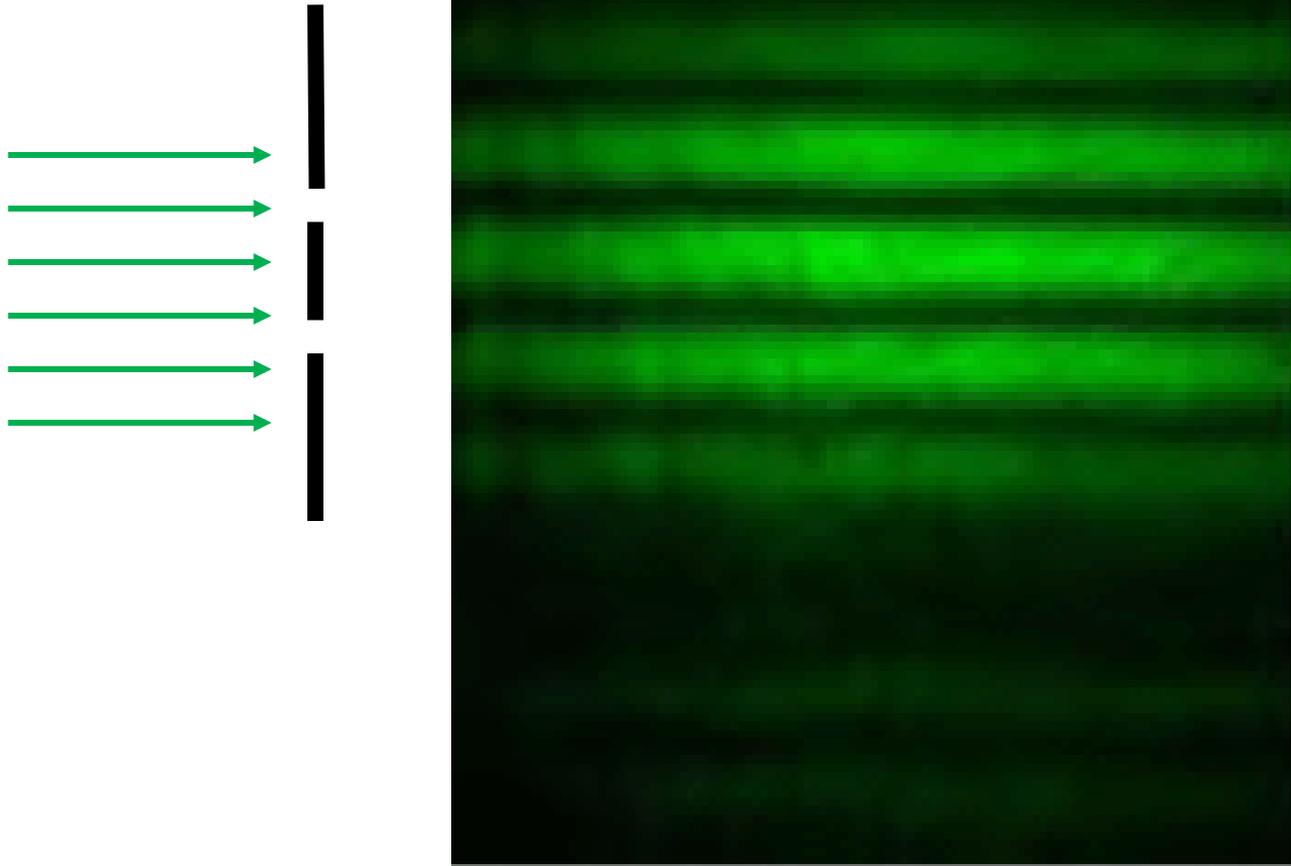
Was ist Licht ... Wellen oder Teilchen?

- Das Doppelspaltexperiment von Young zeigt eindeutig:
Licht hat Wellennatur
- Andererseits wissen wir heute eine Reihe von Experimenten zeigen klar, dass Licht Teilchennatur hat: Photoeffekt, Compton Effekt, Planck'sches Strahlungsgesetz
- Licht transportiert Energie (s. Sonne, Glut im Ofen)
- Nach Planck und Einstein besteht Licht aus Energiepaketen – **Photonen** – mit einer (winzigen) Energie

- In einem typischen Lichtstrahl, -bündel, Lichtflut stecken viele, viele Photonen.

Also: Teilchen oder Wellen?

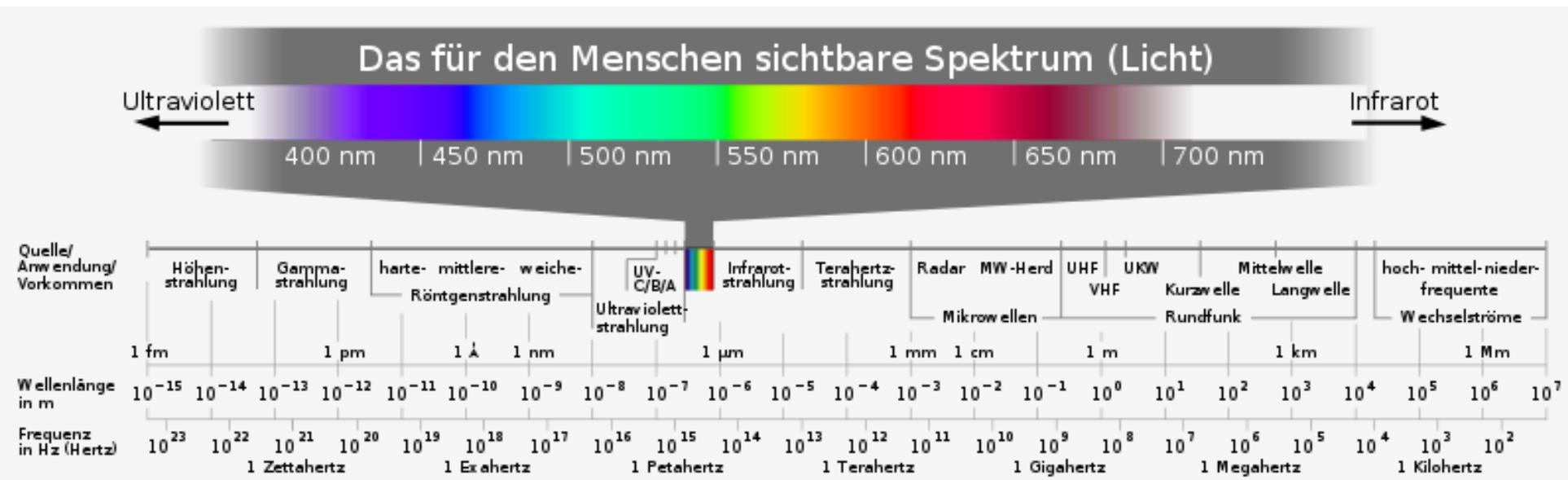
Beugungsexperiment mit einzelnen Photonen!



Ergebnis

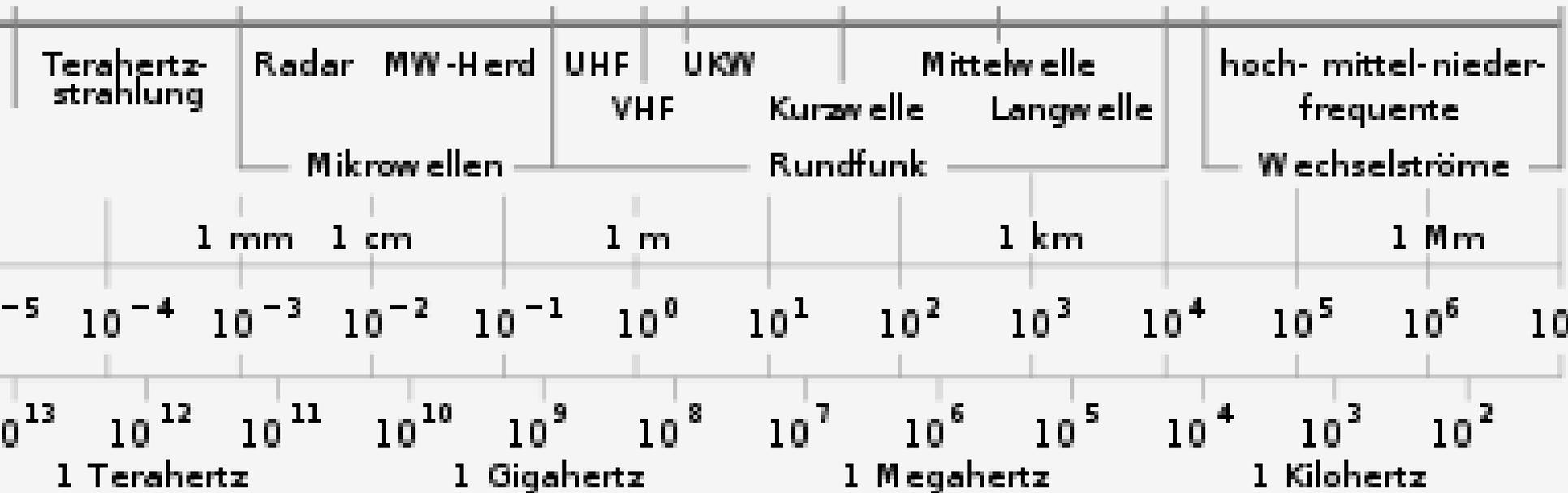
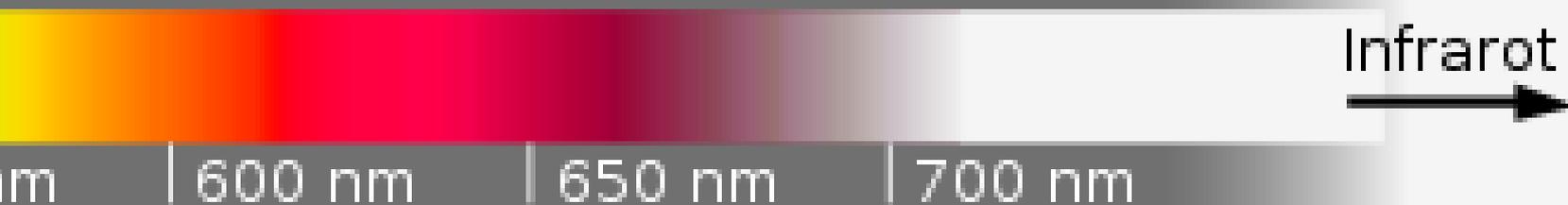
- **Licht ist beides, Teilchen und Welle ...**
- Die (elektromagnetische) Welle führt sozusagen die Photonen, beschreibt die Wahrscheinlichkeit, diese Teilchen zu finden
- Meist hat man es mit sehr, sehr vielen Photonen zu tun
Eine 100W Glühbirne emittiert ca. 5×10^{18} Photonen pro Sekunde ...
- Die Photonen werden mit einer Wahrscheinlichkeit **detektiert, die proportional zur Intensität des Lichts** ist. Die Statistik ist dabei extrem gut, da große Zahl der Testobjekte (... vgl. Wahlprognose mit ein paar 1000 ... oder Medizin ...)

Eigenschaften von Licht, z.B. Farbe - das elektromagnetische Spektrum



Eigenschaften von Licht, z.B. Farbe - das elektromagnetische Spektrum

Sichtbare Spektrum (Licht)



Eigenschaften von Licht, z.B. Farbe - das elektromagnetische Spektrum

Das für den Menschen

Ultraviolett

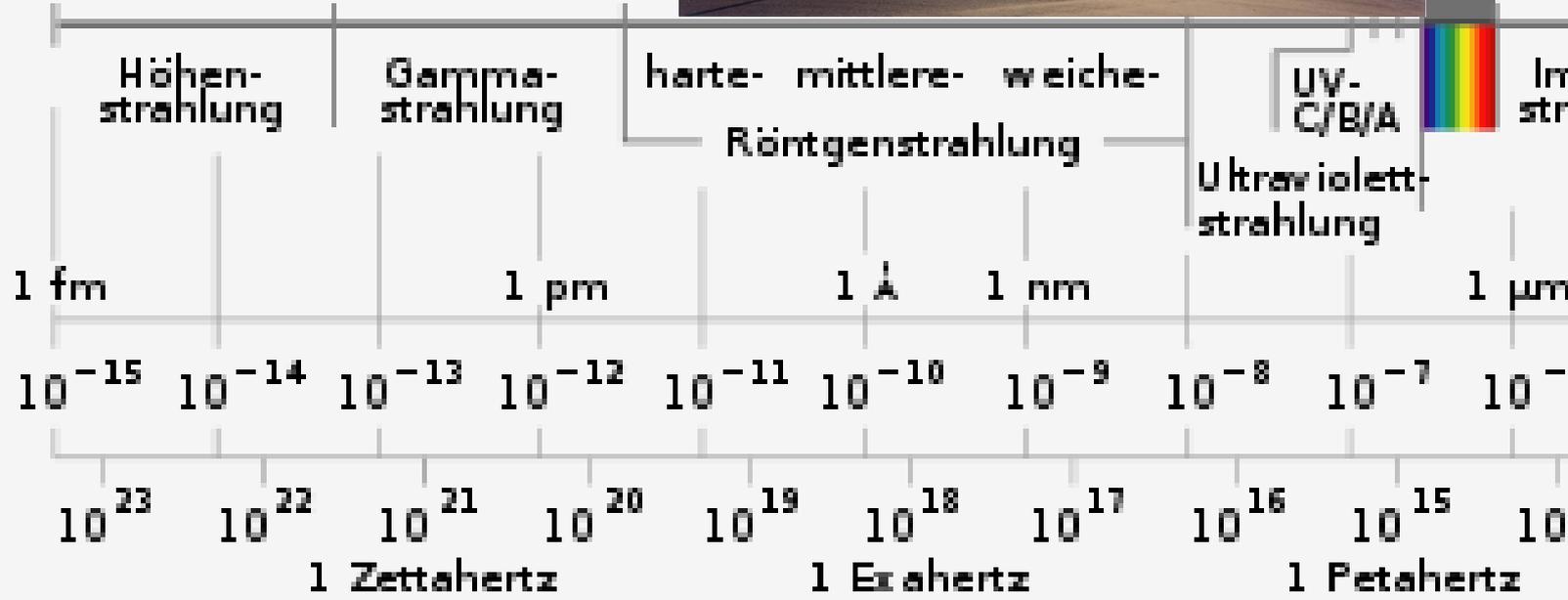


400 nm



Bessy II Berlin Adlershof

Quelle/
Anwendung/
Vorkommen

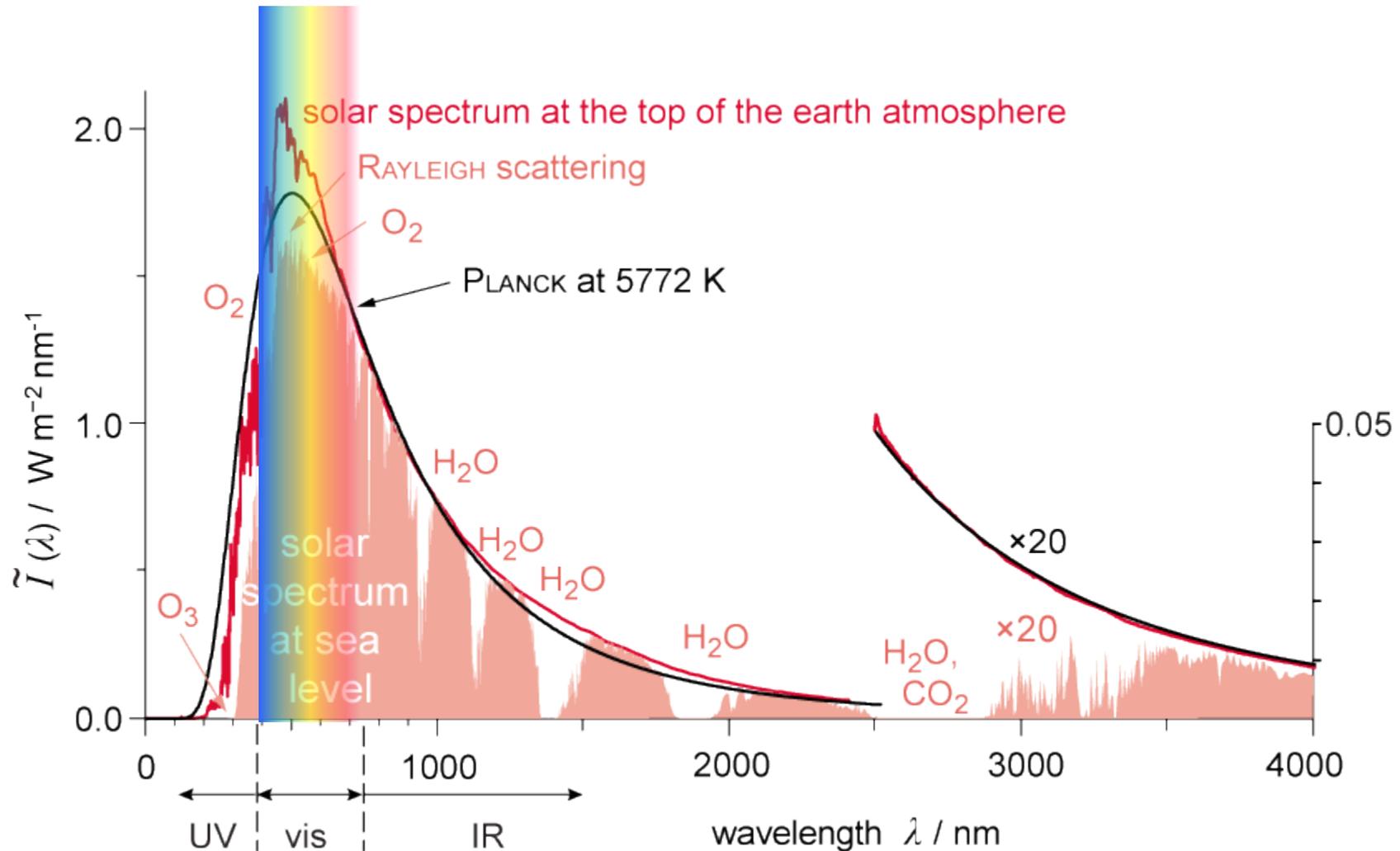


Wellenlänge
in m

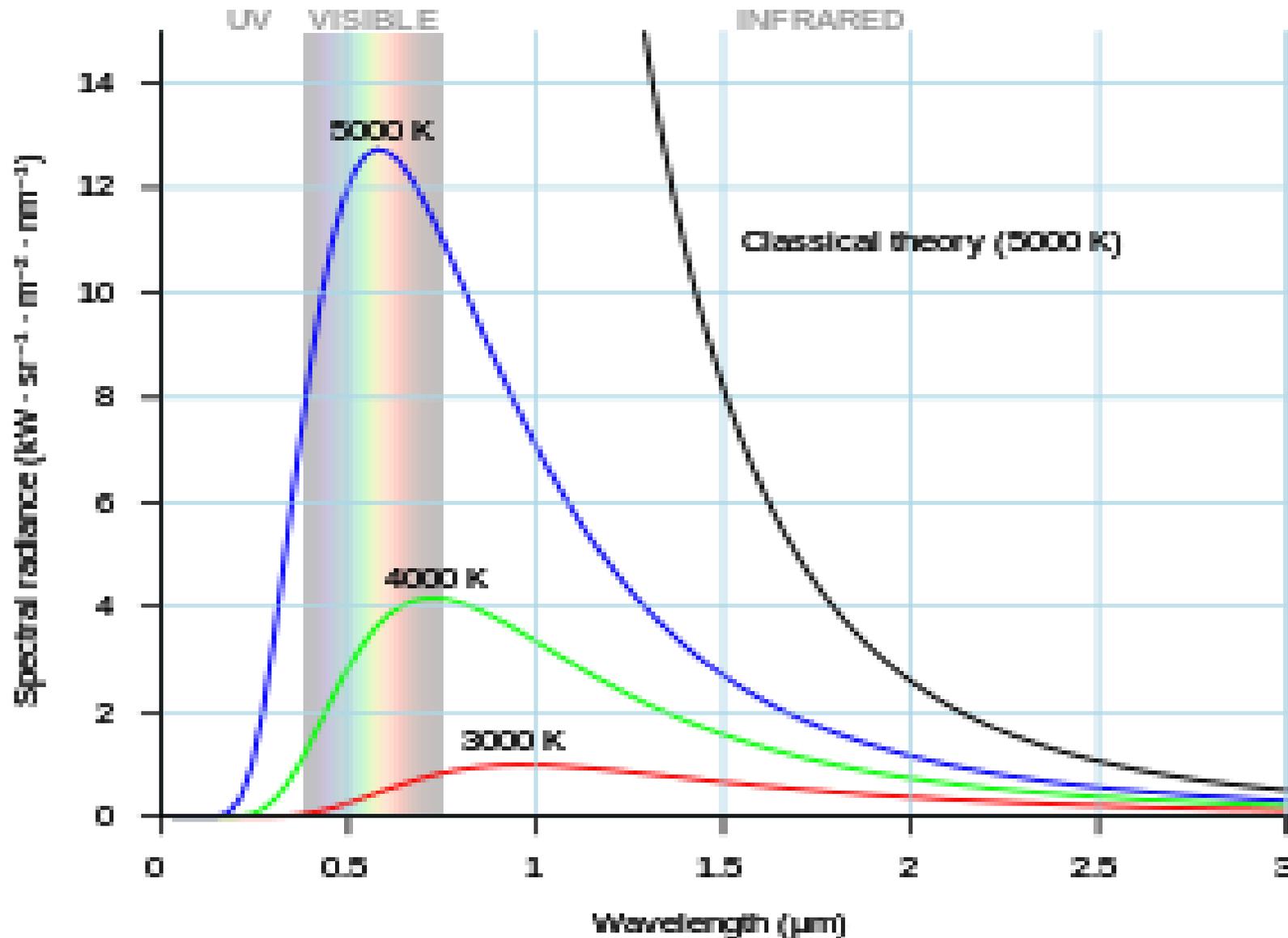
Frequenz
in Hz (Hertz)



Das Licht von unserer Sonne



und das Licht von Glühbirnen - warum diese so ineffizient sind ...



Licht aus Halbleitern

- **Nobel Preis 2014 für Physik** an Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji Nakamura *“für die Erfindung von effizienten, blaues Licht emittierenden Dioden, welche helle und energiesparende Weißlichtquellen möglich gemacht hat”. (Gallium Nitrid Halbleiter Dioden)*



Das Konsortium „**Advanced UV for Life**“ BMBF gefördert (Initiative „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“) mit bis zu 45 Mio. € (2014-2020) gefördert. Es ist **eines von zehn Konsortien aus Wissenschaft und Wirtschaft** das aus insgesamt 59 Bewerbungen ausgewählt wurde

Zielsetzung

- Vorantreiben der technischen Entwicklung, Verfügbarkeit und des Einsatzes von UV-LEDs

Partnerstruktur

- 13 Unternehmens- und 10 Forschungspartner
- regionaler Schwerpunkt Berlin/Brandenburg
- teilweise langjährige Kooperationen

Strategische Zusammenarbeit

- » klare Anwendungsorientierung
- komplette Wertschöpfungsketten in Deutschland



UV-LEDs als wichtige Innovationstreiber

UV-LEDs ermöglichen völlig neue Lösungen durch

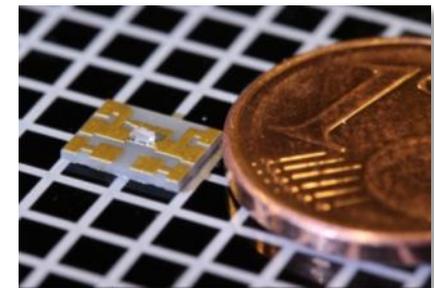
- › optimal einstellbare Wellenlängen,
- › schmalbandige Emission,
- › fehlende Wärmestrahlung in Beleuchtungsrichtung
- › schnelle Schaltfähigkeit, sofortige Betriebsbereitschaft
- › Kompaktheit und Mobilität
- › Umweltfreundlichkeit (quecksilberfrei),
- › hohe Flexibilität in Strahler-Geometrien,
- › Langlebigkeit
- › Betrieb mit niedrigen Spannungen und Strömen
- › ...



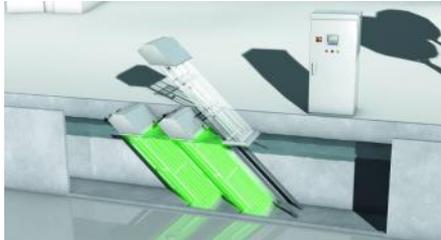
*konventionelle
UV-Quecksilber-
dampflampe*

20 mm

© FBH/TUB



UV-LED Technologie & Anwendungen



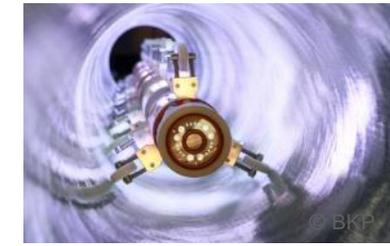
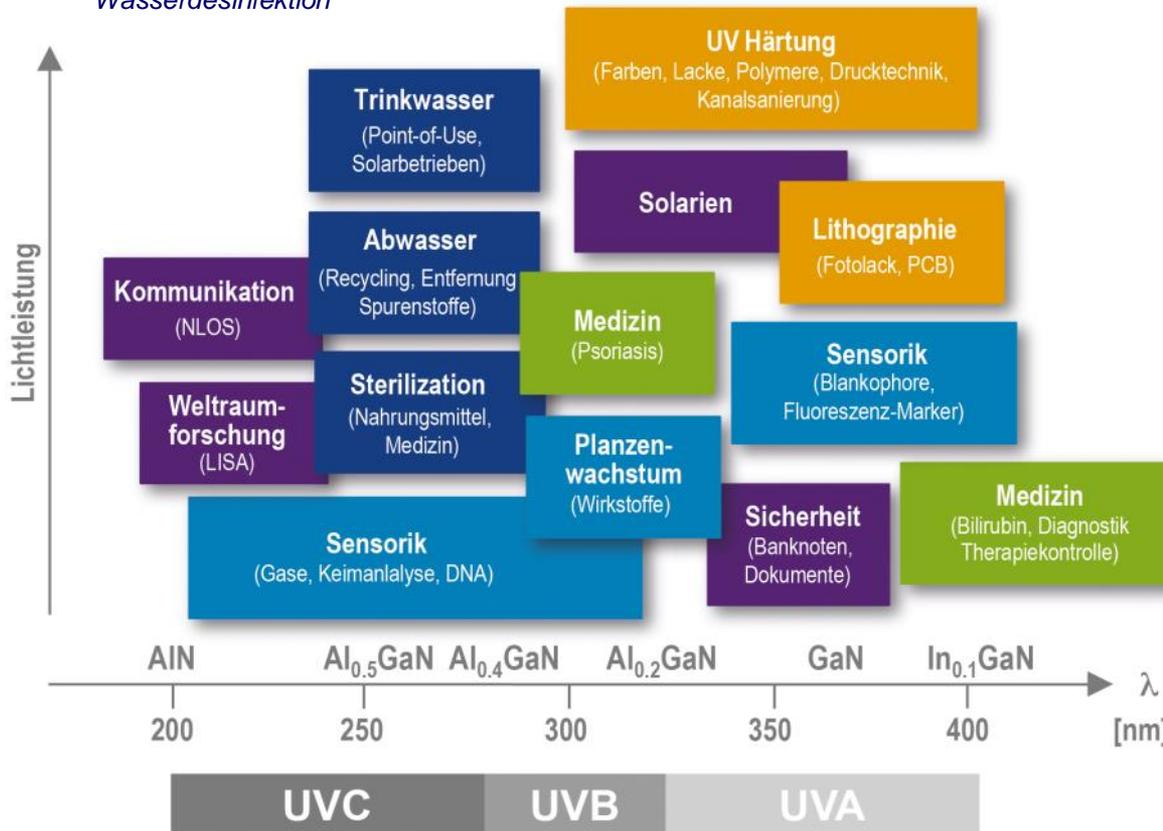
Wasserdesinfektion



Digitaldruck



Pflanzenphysiologie



Kanalrohrsanieung



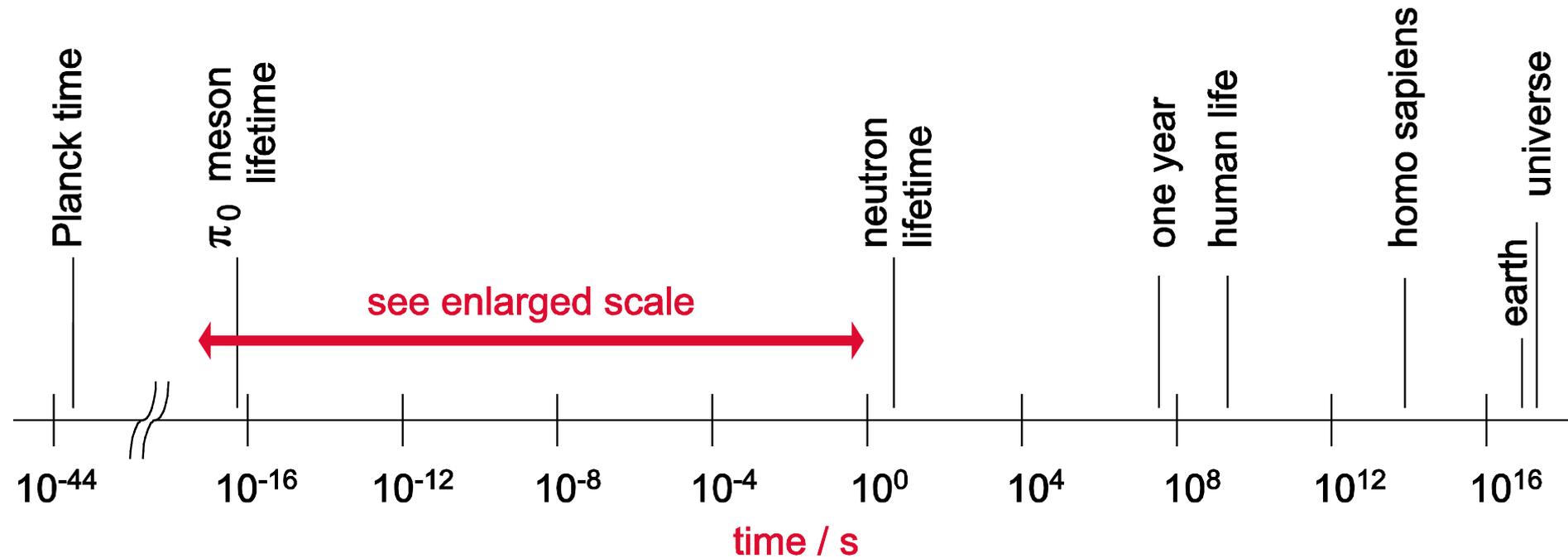
Chronische Wunden

Was ist Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie



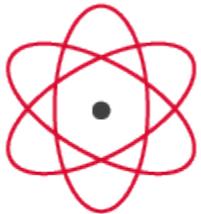
Max-Born- Institut
für Nichtlineare Optik und
Kurzzeitspektroskopie
im Forschungsverbund Berlin e.V.

Zeitskalen - subatomar bis kosmisch

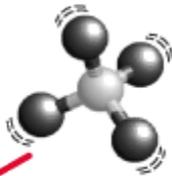


Zeitskalen - heute im Labor (z.B. am MBI)

electron motion
in atoms and
molecules



molecular
vibration / rotation



chemical reaction
(explosion)



stop clock



primary
processes
of photo-
synthesis

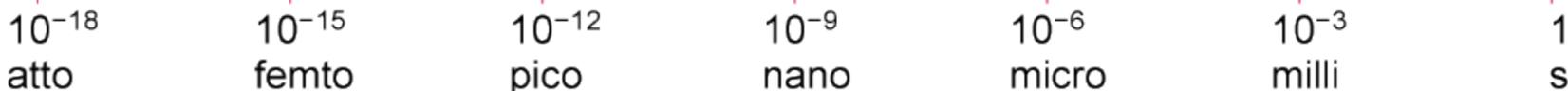


fast
digital electronics
life time of excited
atomic states



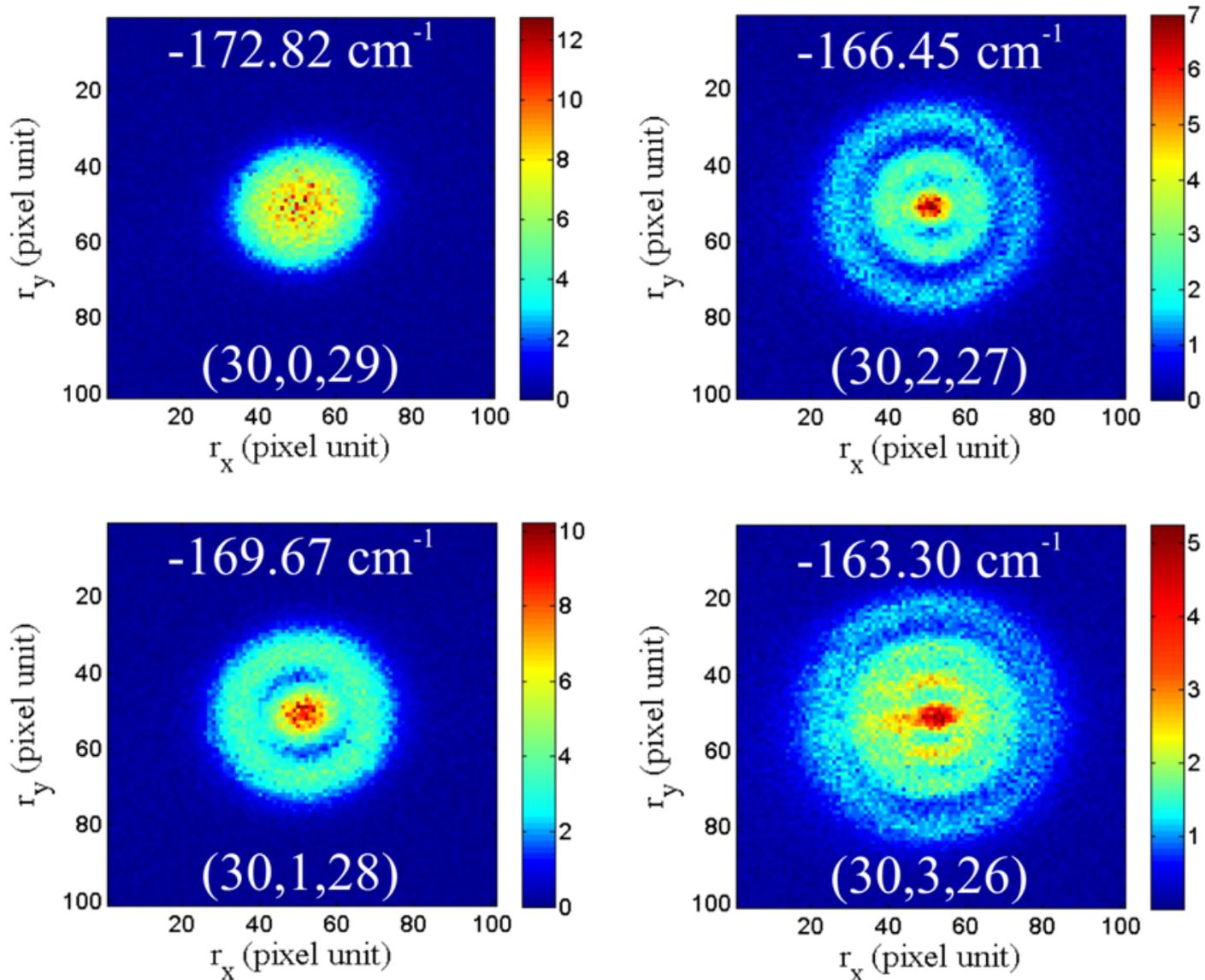
fast camera shutter

ultrafast physics



characteristic time scales / seconds (s)

Imaging atomic orbitals



Spitzenleistung

Leistung

Dauerleistung

European ELI project 0.8 EW



MBI Höchstfeld Laser
100 TW / 35 fs
Zukunft: 2 x 100 TW



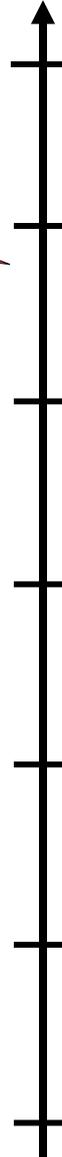
Gewitter (ms)
XFEL (100fs, 20-130 GW)



Explosion (1kg TNT, ~ ms)



Photo-Blitzlicht (ms)



10¹⁸ W

(1 EW)



Gesamtes Sonnenlicht 175 PW
auf der Erde

10¹⁵ W

(1 PW)

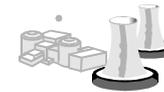


Welt

Menschl. Verbrauch 13.5 TW
(Elektrische Leistung 1.7 TW)

10¹² W

(1 TW)



Kernreaktor

Deutschland 70 GW



10⁹ W

(1 GW)

Stadt



10⁶ W

(1 MW)



Waal

Autos



10³ W

(1 kW)



Ofen

pro Person
Verbrauch



253 W

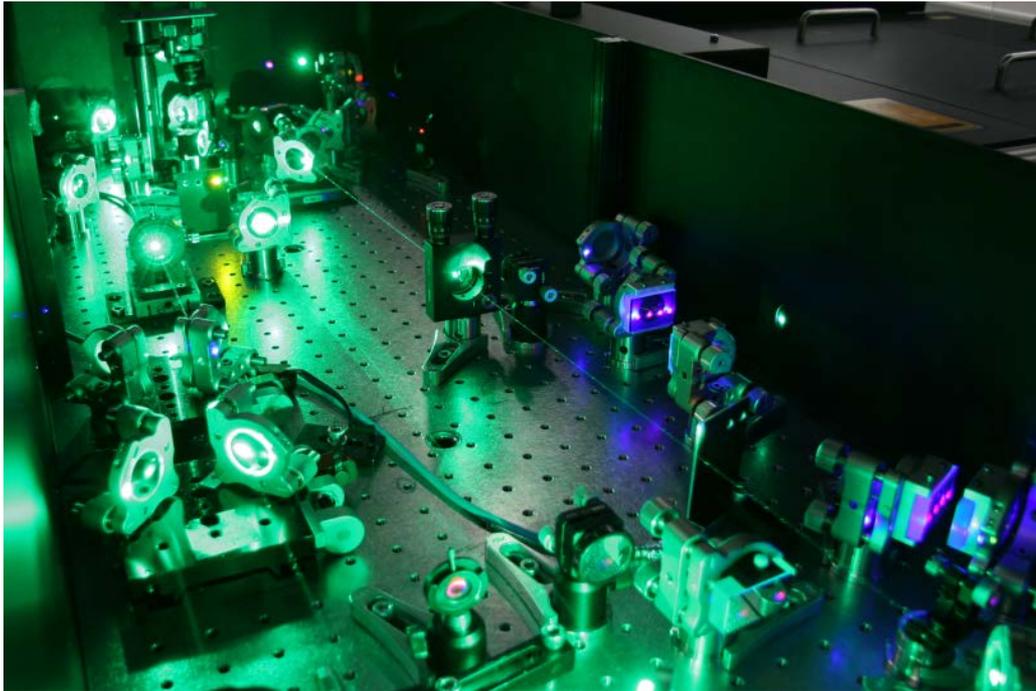
1 W



Taschenlampe



New laser technology



Development of new laser systems based on OPCPA (*Optical Parametric Chirped Pulse Amplification*) in the framework of a Research-for-SMEs EU-project

New CEP4 Lasersystem (Femtolasers),
Based on MBI development and patent



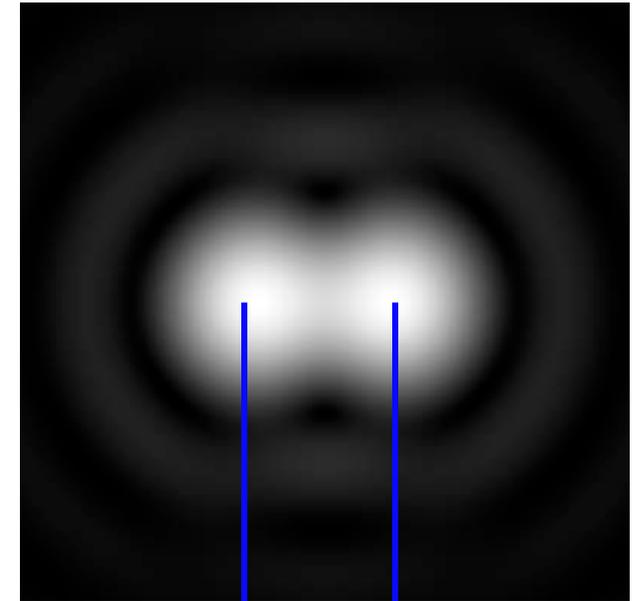
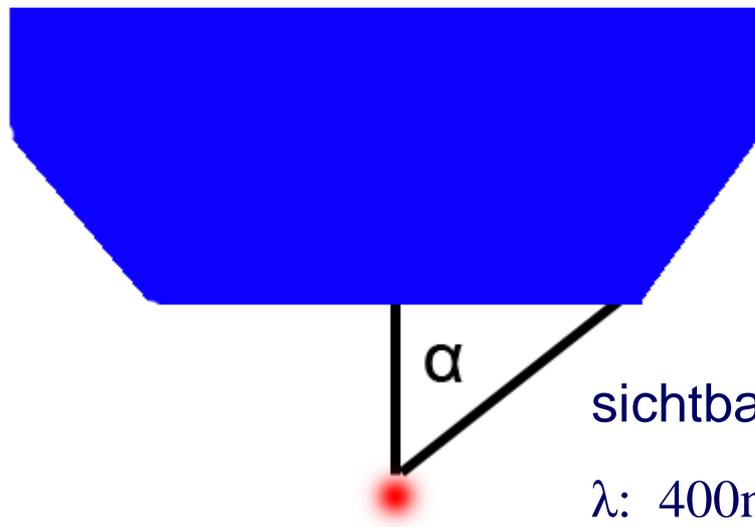
Superlichtmikroskop

- **Nobelpreis für Chemie 2014** an (drei Physiker) Eric Betzig, Stefan W. Hell and William E. Moerner "für die Entwicklung der super-auflösenden Fluoreszenz-Mikroskopie"



Auflösungsgrenze für optisches Mikroskop

nach Ernst Abbe

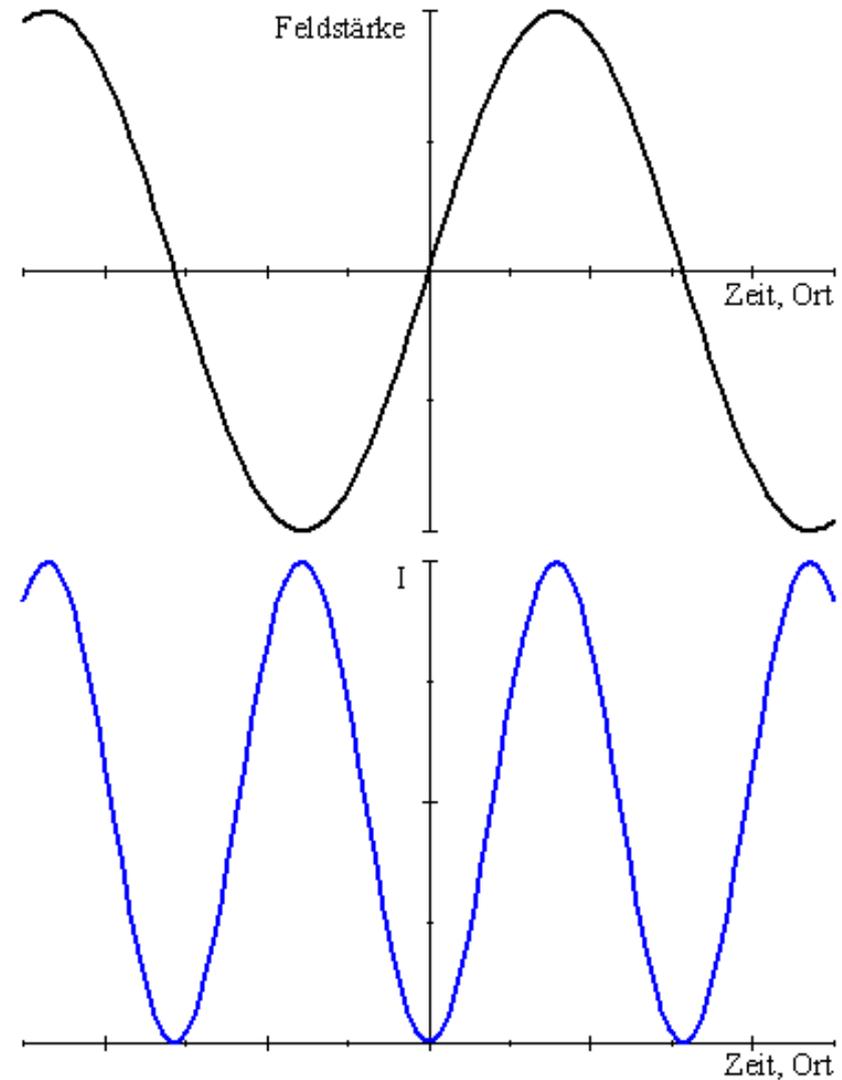


sichtbares Licht: $< 1/1000$ mm

λ : 400nm bis 800 nm

Supermikroskop: Bsp. Für Nichtlineare Optik

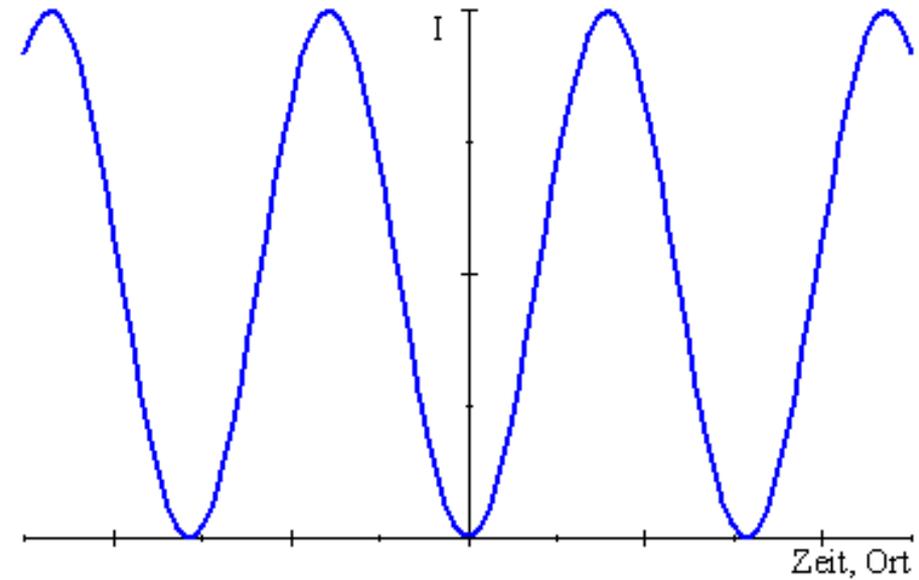
Stärke des
Licht (feldes)



Intensität = I

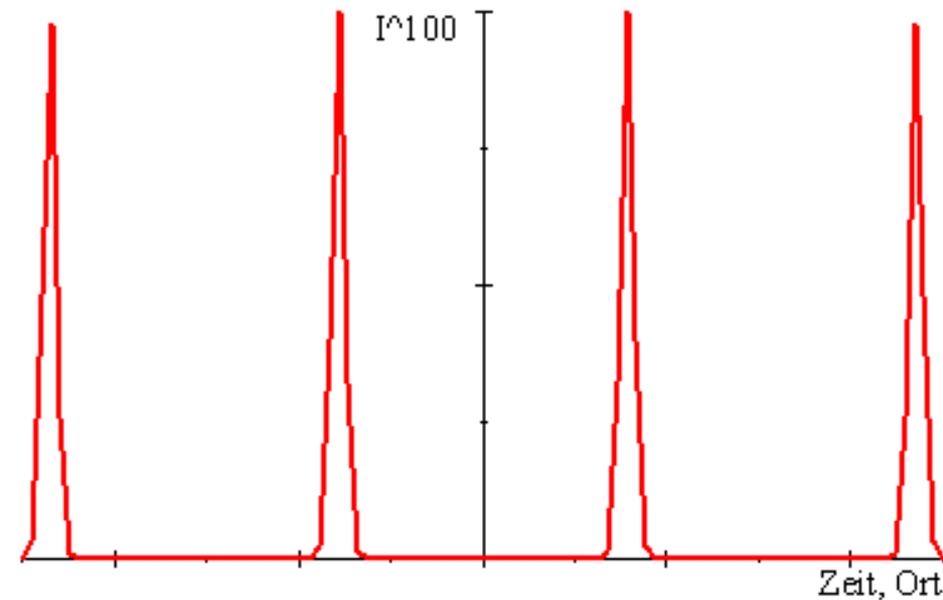
Supermikroskop: Bsp. Für Nichtlineare Optik

Intensität = I



gemeinsame Wirkung
von 100 Photonen (Lichtteilchen)

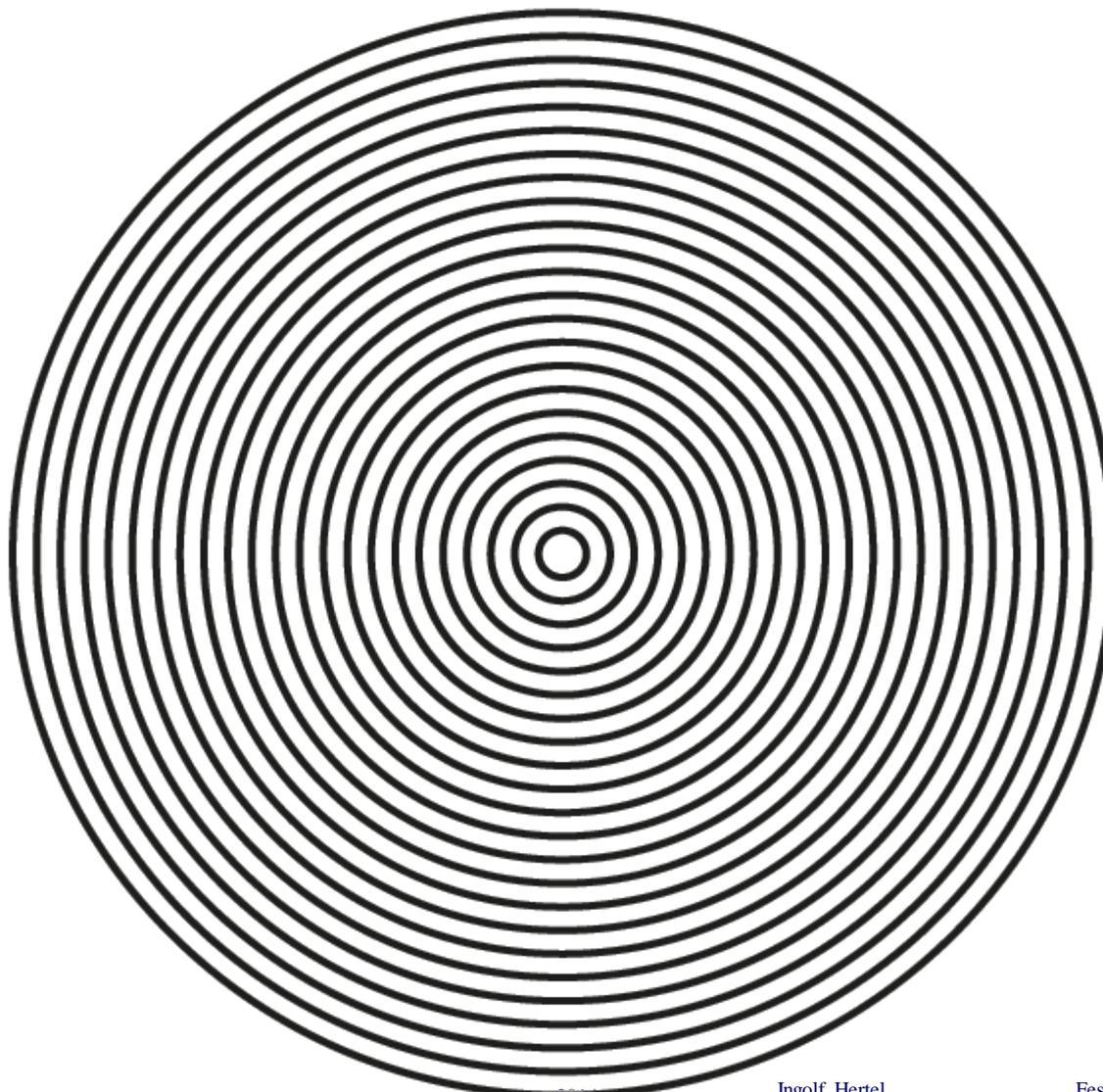
Nichtlinear:

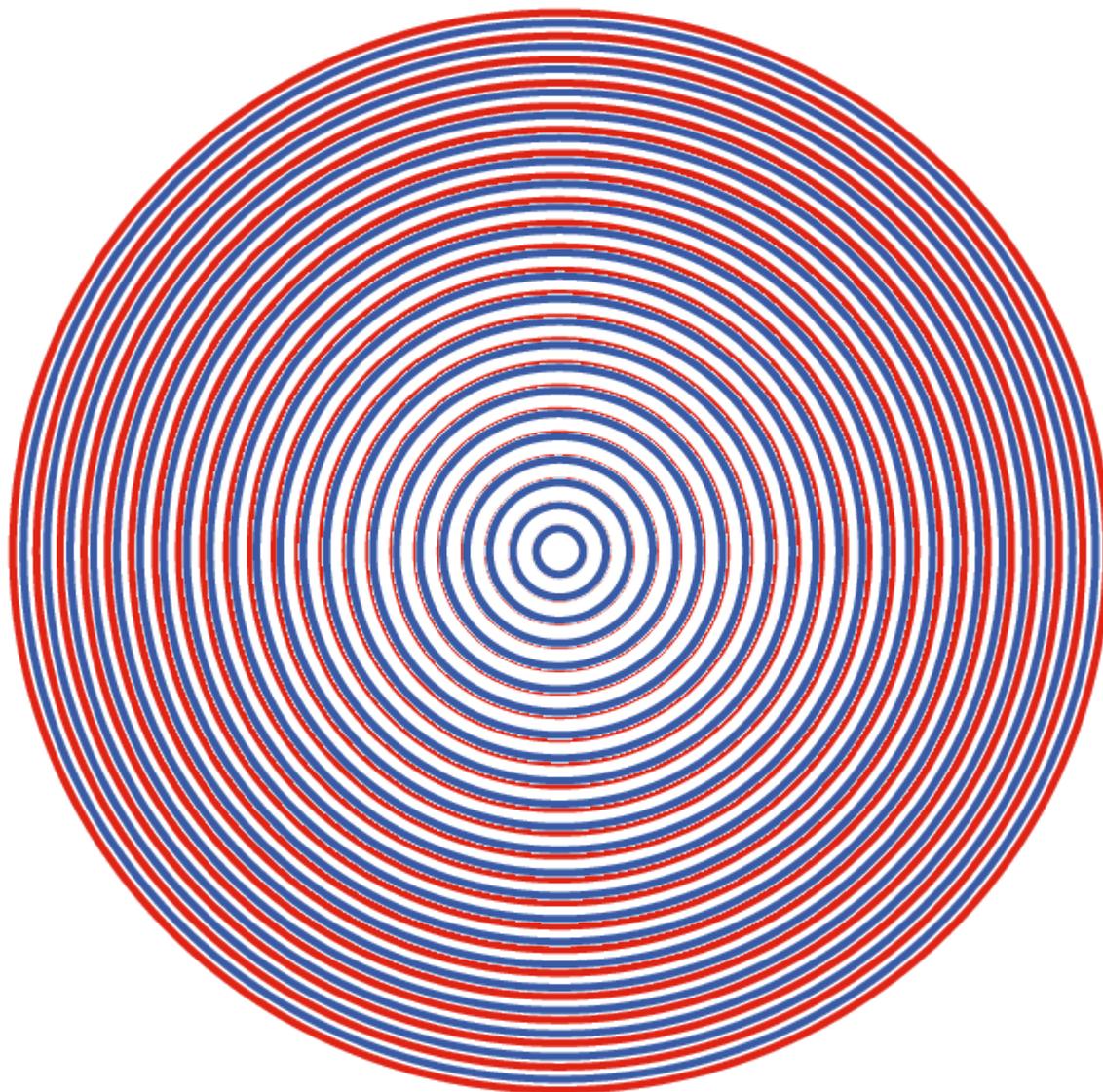


Licht in der deutschen Hauptstadtregion



- Ihnen herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
- Dank an OptecBB e.V. (Dr. Frank Lerch, Prof. Günter Tränkle)
- TSB Materialien
- Humboldt Uni, Wilhelm & Else Heraeus Stiftung, Max-Born-Institut





Vernetzung im Cluster

