

# Lehrveranstaltung Optoelektronik

---

## 0. Vorbemerkungen

### 0.1 Allgemeine Informationen zur Vorlesung:

Prof. Uli Lemmer

Lichttechnisches Institut, Geb. 30.34, Raum 222

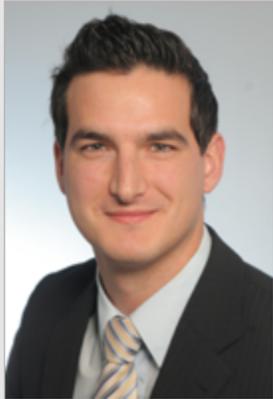
Tel: 0721-608-42530

E-Mail: [uli.lemmer@kit.edu](mailto:uli.lemmer@kit.edu), URL: [www.lti.kit.edu](http://www.lti.kit.edu)

Vorlesung: wöchentlich mittwochs um 09:45-11:15 Uhr

# Vorbemerkung: Übungen

---



## M.Sc. Philipp Brenner

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Halbleiter-Nanokristalle für optoelektronische  
Anwendungen  
Raum: 118.2  
Tel.: +49 721 608-47721  
[philipp.brenner@kit.edu](mailto:philipp.brenner@kit.edu)

Engesserstrasse 13, Geb. 30.34  
76131 Karlsruhe

**Übungstermine:**

**6-7 Übungen ca. 14 tägig**

**Ankündigung über ILIAS.**



## M.Sc. Jan Preinfalk

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Lichtmanagement in OLEDs  
Raum: 218  
Tel.: +49 721 608-42547  
[jan.preinfalk@kit.edu](mailto:jan.preinfalk@kit.edu)

Engesserstrasse 13, Geb. 30.34  
76131 Karlsruhe

# Veranstaltungen im Umfeld

Vorlesungen im Sommersemester 2016			
LVNr. ↕	Titel	Typ	Dozent
23704	Festkörperelektronik	Vorlesung (V)	Prof.Dr. Ulrich Lemmer
23706	Übungen zu 23704 Festkörperelektronik	Übung (Ü)	Manuel Koppitz N.N. Prof.Dr. Ulrich Lemmer
23707	Lichttechnisches Kolloquium und Seminar	Seminar (S)	Prof.Dr.Ing. Michael Powalla Prof. Dr. Bryce Sydney Richards Prof.Dr. Ulrich Lemmer Prof.Dr. Cornelius Neumann Dr.-Ing. Rainer Kling
23708	Praktikum Solarenergie	Praktikum (P)	Prof. Dr. Bryce Sydney Richards Dr.-Ing. Alexander Colsmann Dr.-Ing. Klaus Trampert
23710	Interfakultatives Team-Projekt	Projekt (PRO)	Dr.-Ing. Rainer Kling
23712	Praktikum Optoelektronik	Praktikum (P)	Dr.-Ing. Klaus Trampert Dr.-Ing. Rainer Kling
23713	Team-Projekt	Projekt (PRO)	Prof.Dr. Ulrich Lemmer Dr.-Ing. Klaus Trampert
23714	Praktikum Nanotechnologie	Praktikum (P)	Dr.-Ing. Klaus Trampert Prof.Dr. Ulrich Lemmer
23715	Praktikum Lichttechnik	Praktikum (P)	Dr.-Ing. Klaus Trampert Prof.Dr. Cornelius Neumann
23716	Nanoscale Systems for Optoelectronics	Vorlesung (V)	Dr. Hans-Jürgen Eisler
23717	Visuelle Wahrnehmung im KFZ	Vorlesung (V)	Prof.Dr. Cornelius Neumann
23723	Optics & Photonics Lab II	Praktikum (P)	Dr.-Ing. Klaus Trampert
23726	Optoelektronik	Vorlesung (V)	Prof.Dr. Ulrich Lemmer
23728	Übungen zu 23726 Optoelektronik	Übung (Ü)	Prof.Dr. Ulrich Lemmer
23734	Grundlagen der Plasmatechnologie	Vorlesung (V)	Dr.-Ing. Rainer Kling
23736	Optoelektronische Messtechnik	Vorlesung (V)	Dr.-Ing. Klaus Trampert
23737	Photovoltaik	Vorlesung (V)	Prof.Dr. Ulrich Lemmer Prof.Dr.Ing. Michael Powalla
23740	Optische Technologien im Automobil	Vorlesung (V)	Prof.Dr. Cornelius Neumann
23744	Praktikum Modellierung und Entwurf optoelektronischer Bauelemente und Systeme mit Matlab	Praktikum (P)	Nico Bolse Dominik Landerer Prof.Dr. Ulrich Lemmer
23746	Elektronische Schaltungen für Lichtquellen und Laser	Vorlesung (V)	Prof. Dr. Wolfgang Heering Dr.-Ing. Rainer Kling
23760	Fabrication and Characterization of Optoelectronic Devices	Vorlesung (V)	Prof. Dr. Bryce Sydney Richards
23902	Workshop Elektrotechnik und Informationstechnik II	Praktikum (P)	Prof.Dr.-Ing. Thomas Leibfried Prof.Dr. Olaf Dössel Prof.Dr.-Ing. Eric Sax Prof.Dr. Ulrich Lemmer Prof.Dr.Ing. Thomas Zwick Prof. Fernando Puente Prof.Dr. Michael Siegel
23291	Optische Systeme für Medizintechnik und Life Sciences	Vorlesung (V)	Prof. Dr. Werner Nahm

# Vorbemerkungen: Unterlagen

---

Folien werden ausgeteilt/sind unter ILIAS

Prüfung: mündl.

Termine können nach den letzten Vorlesungen persönlich ausgemacht werden  
oder

dann nach Vereinbarung mit dem LTI-Sekretariat (0721-608-42531)

Vorkenntnisse:

Festkörperelektronik/Quantenmechanik/Halbleiterbauelemente hilfreich

# Vorbemerkung: Studienmodelle

---

## Einordnung in die Studienmodelle:

- festes Modellfach für das Studienmodell „Optische Technologien“ (Studienmodell 10)
- festes Modellfach für das Studienmodell „Mikro-, Nano- und Optoelektronik“ (Studienmodell 22)
- wählbares Modellfach für diverse andere Studienmodelle
- Nebenfach für Studierende der Physik (Nanowissenschaften), der Informatik, des Wirtschaftsingenieurwesens, des Studiengangs Materialwissenschaften und Werkstofftechnik

# Studienmodell 10



## Lichttechnisches Institut

Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Lemmer  
Prof. Dr. rer. nat. Neumann

Engesserstrasse 13, Geb. 30.34  
76131 Karlsruhe

Tel.: +49 721 608 42547  
E-Mail: [modellberatung@liti.kit.edu](mailto:modellberatung@liti.kit.edu)  
Web: <http://www.liti.kit.edu>



## Institut für Technik der Informationsverarbeitung

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Müller-Glaser  
Prof. Dr.-Ing. Becker  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Stork

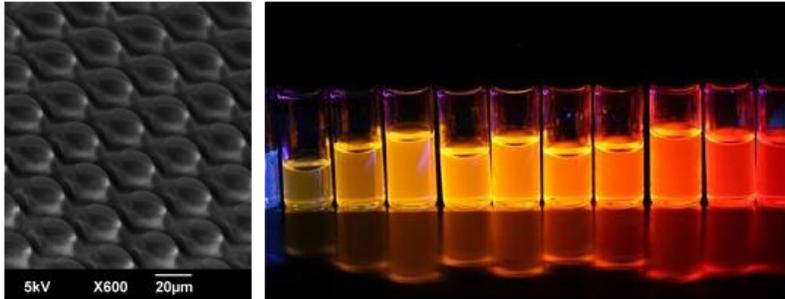
Engesserstraße 5  
76131 Karlsruhe

Tel.: +49 721 608 42501  
E-Mail: [info@itiv.kit.edu](mailto:info@itiv.kit.edu)  
Web: <http://www.itiv.kit.edu>



Sem.	Vorlesung Übung	Name der Lehrveranstaltung	SWS V+Ü	LP	Sem.	Vorlesung Übung
SS	0180300 0180400	Numerische Methoden	Reichel	IPQ	2+1	5
WS	23720 23722	Technische Optik	Neumann	LTI	2+1	5
SS	23320 23322	Leistungselektronik	Braun	ETI	2+1	5
WS	23605 23607	Systems and Software Engineering	Müller-Glaser	ITIV	2+1	5
SS	23726 23618	Communication Systems and Protocols	Leuthold, Hübner, Becker	IPQ ITIV ITIV	2+1	5
SS	23726 23728	Optoelektronik	Lemmer	LTI	2+1	4
WS	23739 23741	Lichttechnik	Neumann	LTI	2+1	4
WS	23729	Plasmastrahlungsquellen	Kling, Heering	LTI	3+0	4
SS	23736	Optoelektronische Messtechnik	Trampert	LTI	2+0	3
WS	23711	Solarenergie	Lemmer	LTI	3+1	6
SS	23490	Praktikum Optische Kommunikations- technik	Leuthold Koos Freude	IPQ		

# Studienmodell 22



## Studienmodell 22 Mikro-, Nano- und Optoelektronik



<b>Institut für Angewandte Materialien - Werkstoffe der Elektrotechnik (IAM-WEET)</b> Prof. Dr.-Ing. Ellen Ivers-Tildé	<b>Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme (IMS)</b> Prof. Dr. rer. nat. habil. Michael Stögl	<b>Leichttechnisches Institut (LTI)</b> Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer Prof. Dr. rer. nat. Cornelia Neumann
---	--	---

SS	23498	23499	Numerische Methoden	2+1	5
WS	23720	23722	Technische Optik	2+1	5
WS	23125	23127	Integrierte Signalverarbeitungssysteme	2+1	5
WS	23407	23409	Mikrowellentechnik	2+1	5
WS	23207	23213	Batterien und Brennstoffzellen	2+1	5
WS	23660		VLSI-Technologie	2+0	3
SS	23668		Nanoelektronik	2+0	3
WS	23231		Sensoren	2+0	3
SS	23239		Sensorsysteme	2+0	3
SS	23726	23728	Optoelektronik	2+1	4
WS	23709		Polymerelektronik	2+0	3
WS/SS	23672		Praktikum Adaptive Sensorelektronik <b>oder</b>	4	6
WS/SS	23669		Praktikum Nanoelektronik <b>oder</b>	4	6
SS	23746		Praktikum Modellierung und Entwurf optoelektronischer Bauelemente und THz-Sensoren mit Matlab/ Simulink <b>oder</b>	4	6
SS	23233		Praktikum Sensoren und Aktoren <b>oder</b>	4	6
WS/SS	23235		Praktikum Batterien und Brennstoffzellen <b>oder</b>	4	6
WS/SS	23712		Praktikum Optoelektronik	4	6

# Empfohlene Literatur

---

## Empfohlene Literatur:

### LEDs:

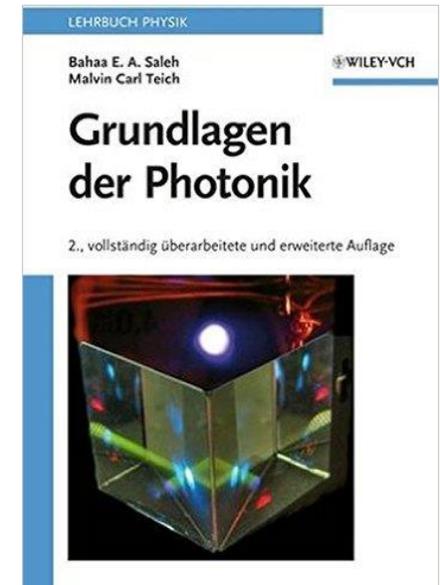
*E. F. Schubert, Light-Emitting Diodes  
(Cambridge, Cambridge, 2006)*

*Siehe auch*

*<https://ecse.rpi.edu/~schubert/>*

### Photonik allgemein:

(geht weiter  
über Optoelektronik  
hinaus)



*weitere Hinweise und ebooks im ILIAS*

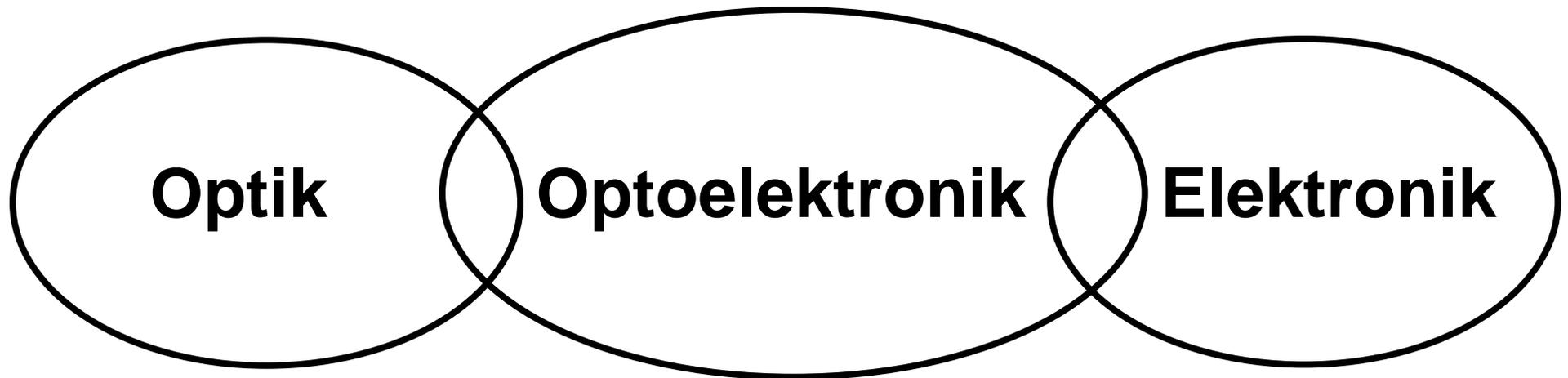
- I. Einleitung
- II. Optik in Halbleiterbauelementen
- III. Herstellungstechnologien
- IV. Halbleiterleuchtdioden
- V. Quantenmechanische Grundlagen der Optoelektronik
- VI. Laserdioden
- VII. Modulatoren
- VIII. Weitere Quantenbauelemente

# I. Einleitung

---

Was ist Optoelektronik?

→ Optoelektronik ist die Nahtstelle zwischen Optik und Elektronik



*Abb. : Schema zur Optoelektronik*

# Was ist Optoelektronik ?

Die Optoelektronik umfasst viele Facetten des Wechselspiels zwischen Strom und Licht:

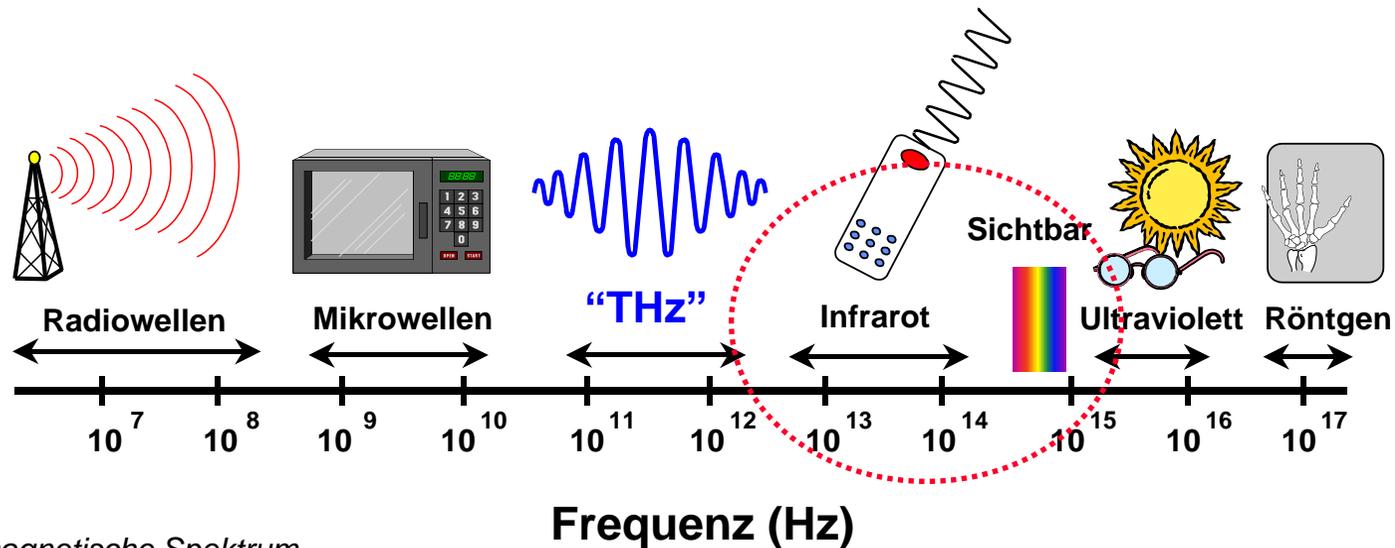
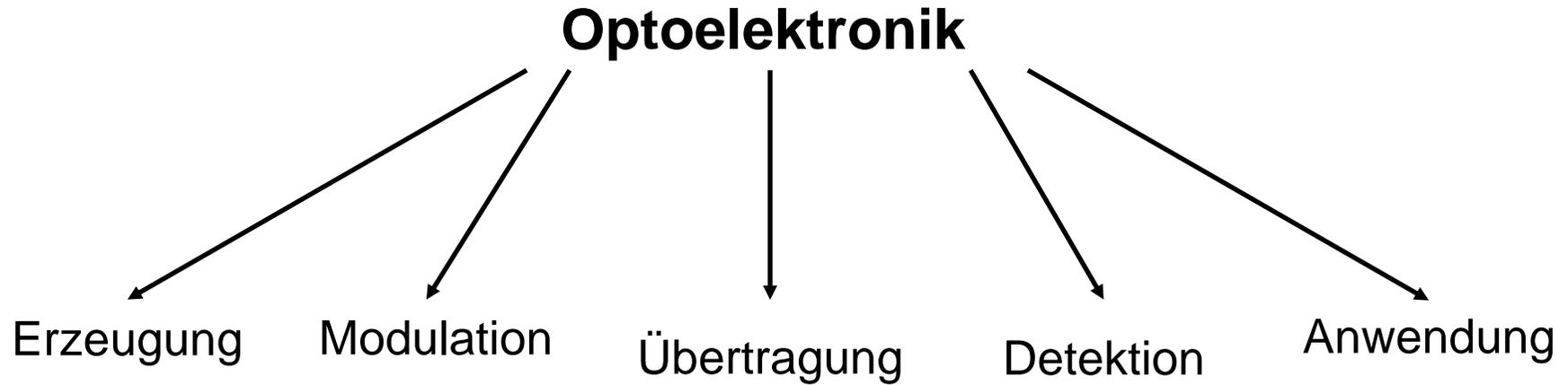


Abb. : Das elektromagnetische Spektrum

# Bsp. zur Erzeugung von Licht: Halbleiterlaser und Gasentladungslampe

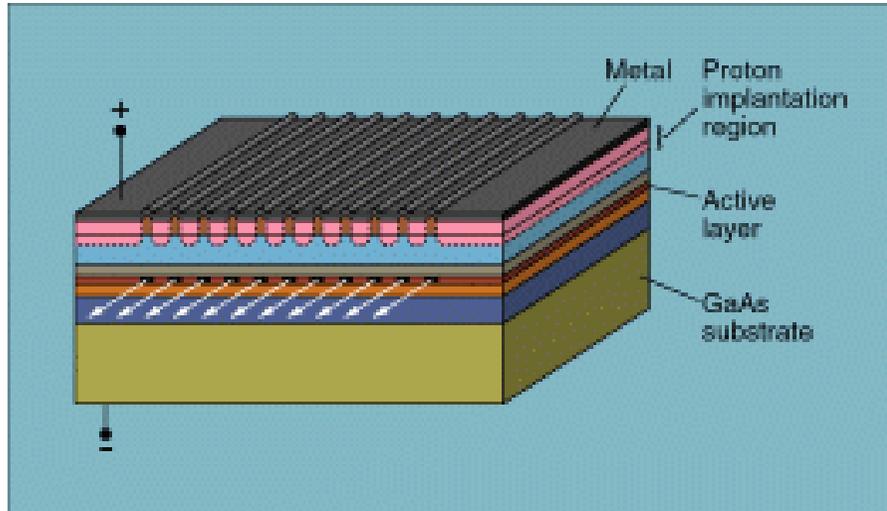


Abb.: Schema eines Halbleiterlasers

→ Vorlesung OE

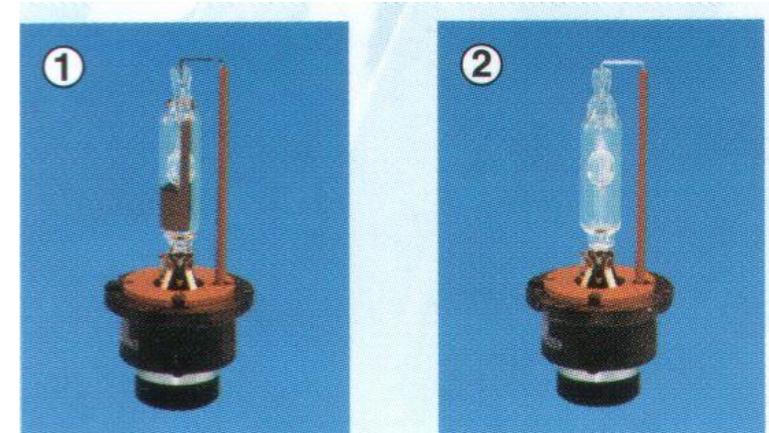


Abb. : Moderne  
Frontscheinwerferlampe

→ Vorlesung Plasmastrahlungsquellen

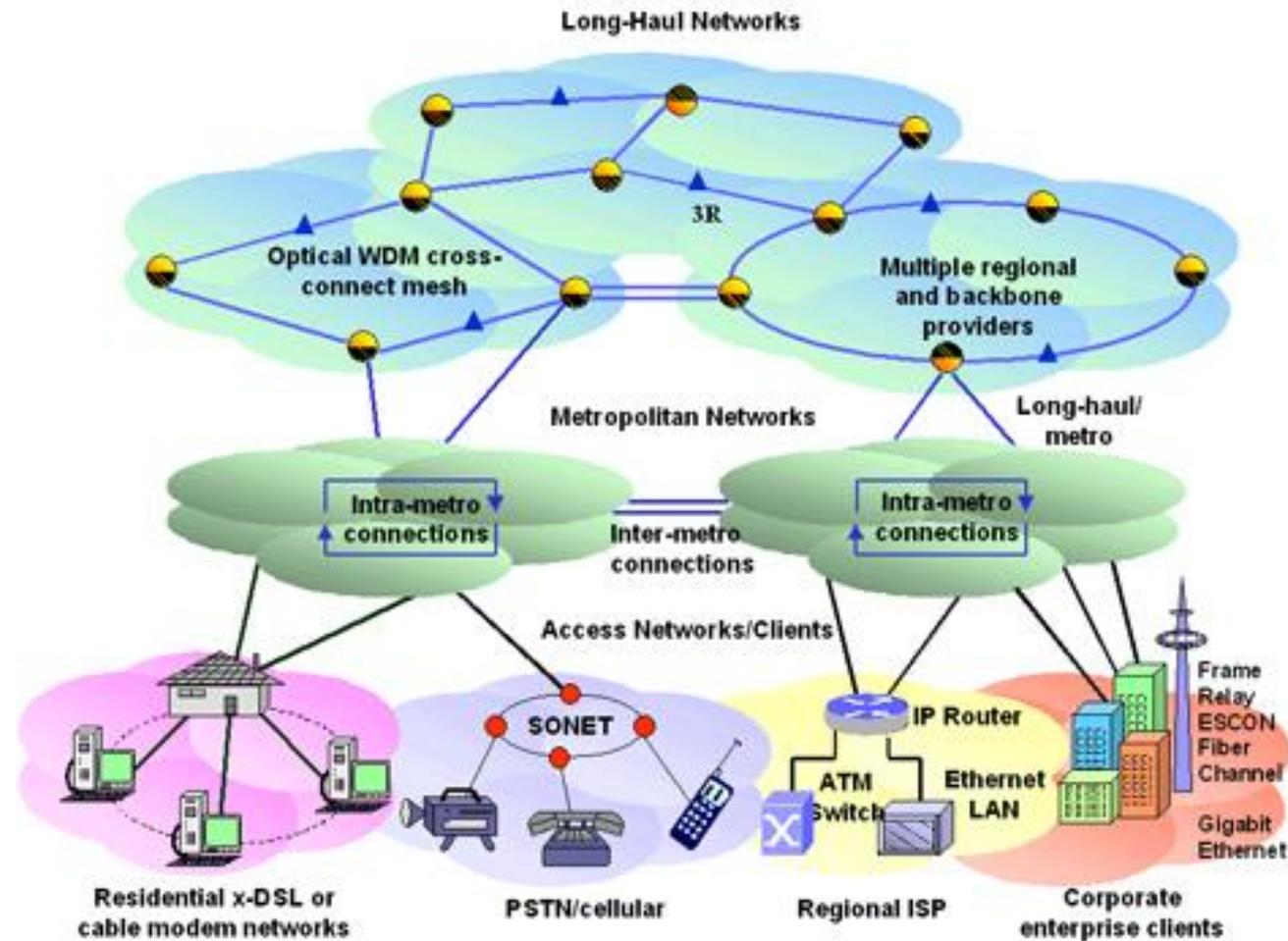
# Beispiel zur Erzeugung von Licht: OLEDs

---



→ Vorlesung Plastic Electronics/Polymerelektronik

# Beispiel zur Modulation und Übertragung von Licht: Telekommunikation

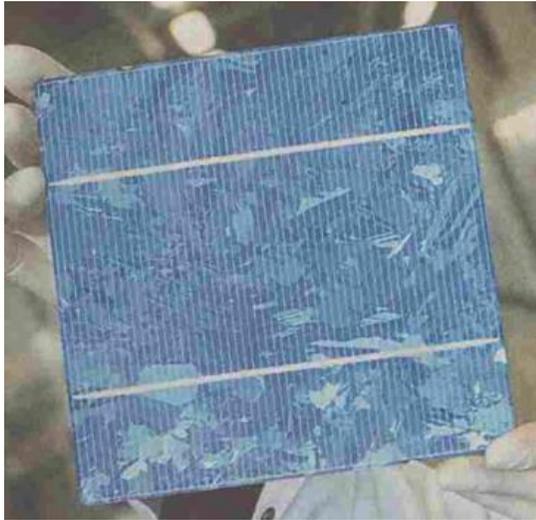


→ Vorlesung Photonische Kommunikationssysteme/IPQ-Vorlesungen

*Abb. : Schemabild zur Telekommunikation*

# Beispiel zur Detektion: Solarzellen

---



*Abb.: Polykristalline Si-Solarzelle*



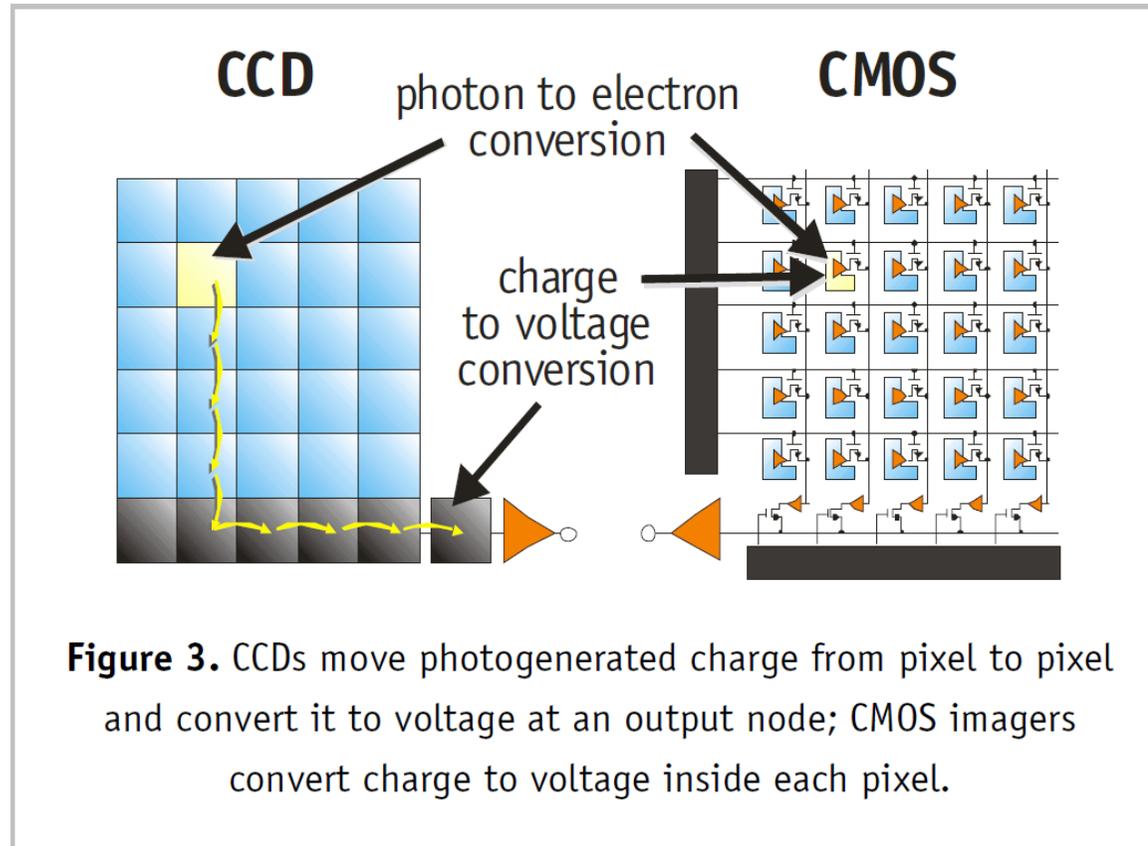
*Abb.: Solarmodul aus amorphem Silizium*

Alternativ: Photovoltaik (Powalla/Lemmer) / Solar Energy (Richards)

Sommersemester

Wintersemester

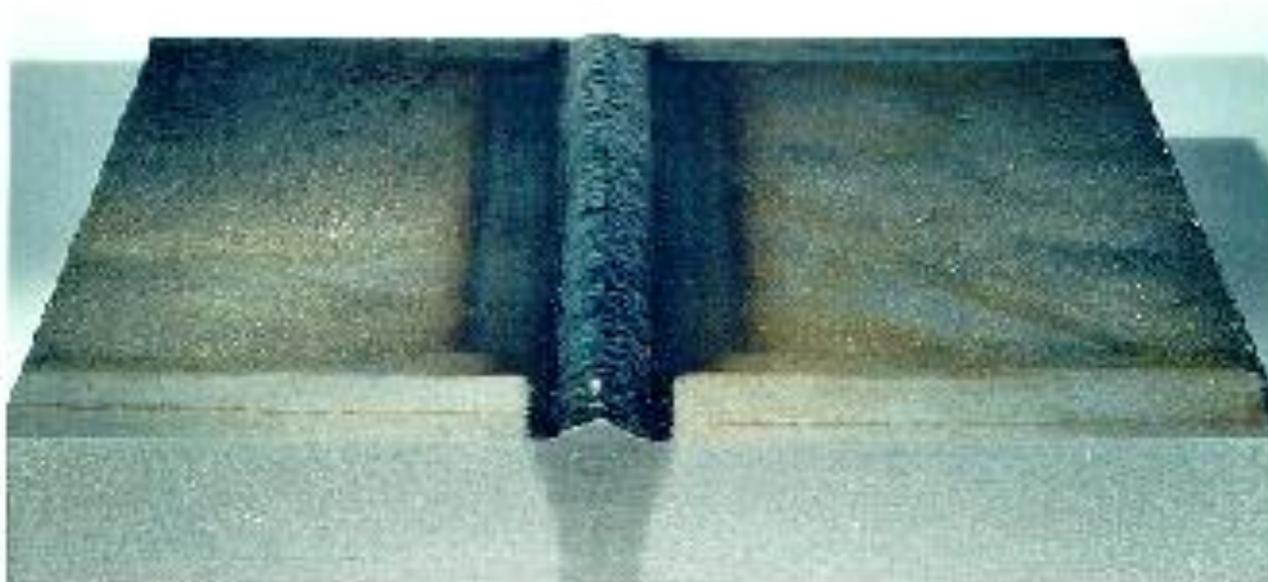
# Beispiel zur Detektion: Kameras



→ Vorlesung Optoelektronische Messtechnik (Dr. Trampert)

# Beispiel zur Anwendung: Laserschweißen

---



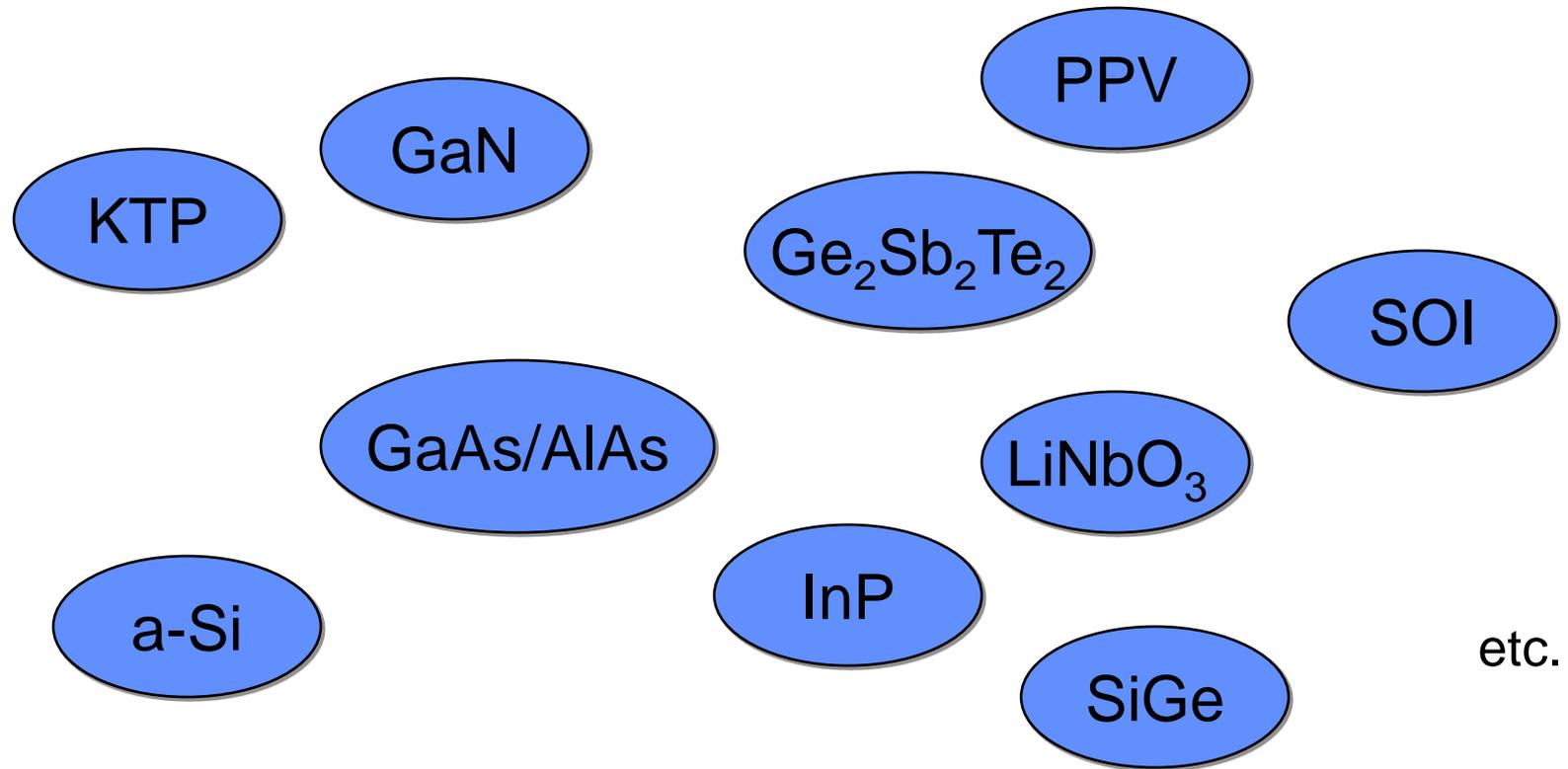
*Abb.: Laserschweißnaht*

- Vorlesungen Lasers for Materials Processing (Graf, KSOP)
- Laser Physics (Eichhorn)

# I. Einleitung

---

Optoelektronik beruht auf dem Zusammenspiel verschiedenster Materialien bzw. ....ist eine Materialschlacht.



*Abb.: Materialien der Optoelektronik*

# Technische und wirtschaftliche Bedeutung der Optoelektronik

---

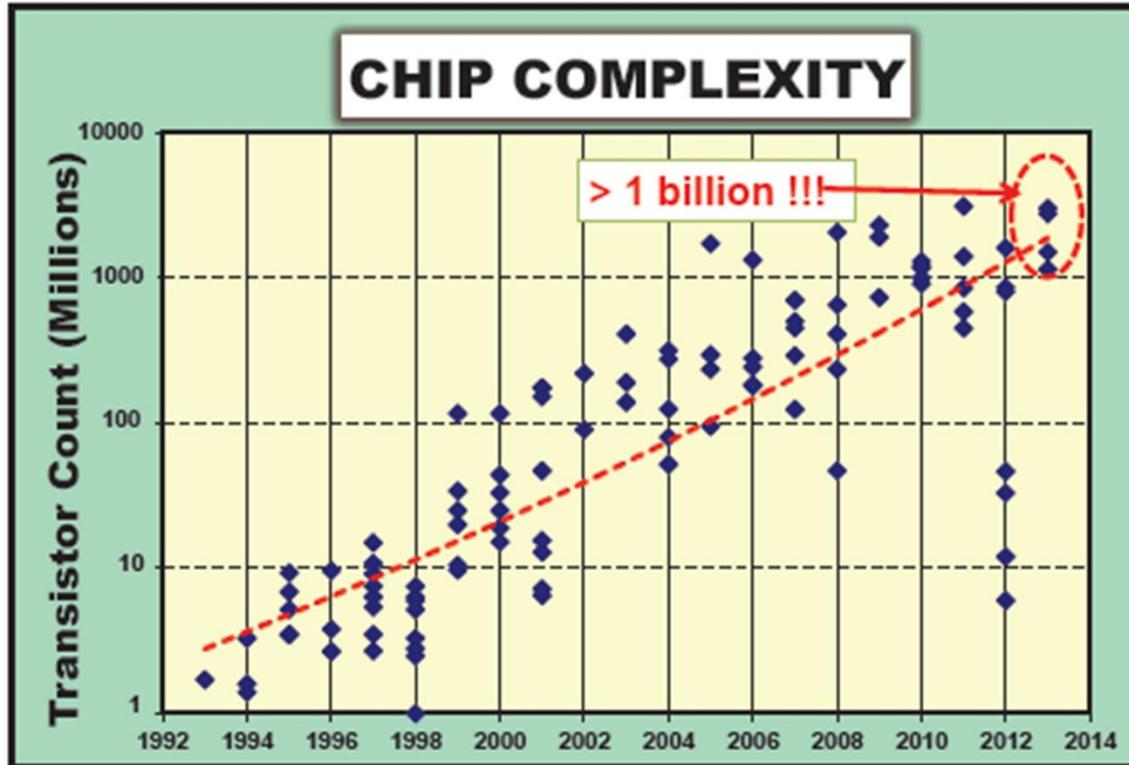
## Optik (Photonik)

Visualisierung, Übertragung und Speicherung von Informationen, Beleuchtung, Materialbearbeitung, Messtechnik, ...

### Vorteile von Licht :

- *Licht ist sichtbar*
- *immun gegen elektromagnetische Störstrahlung*
- *keine gegenseitige Beeinflussung von Licht durch Licht im Freiraum*
- *hochgradig parallel (...viele Frequenzen, **extreme Bandbreite**)*
- *berührungsfreies Messen (Biologie, Fertigung, ...), Bearbeiten*
  
- *auf der anderen Seite: vielfältige Nichtlinearitäten in geeigneten Materialien  
(→ rein optische Signalverarbeitung, „Licht mit Licht schalten“,  
„Optischer“ Computer?)*

# Informationsverarbeitung mit Licht?

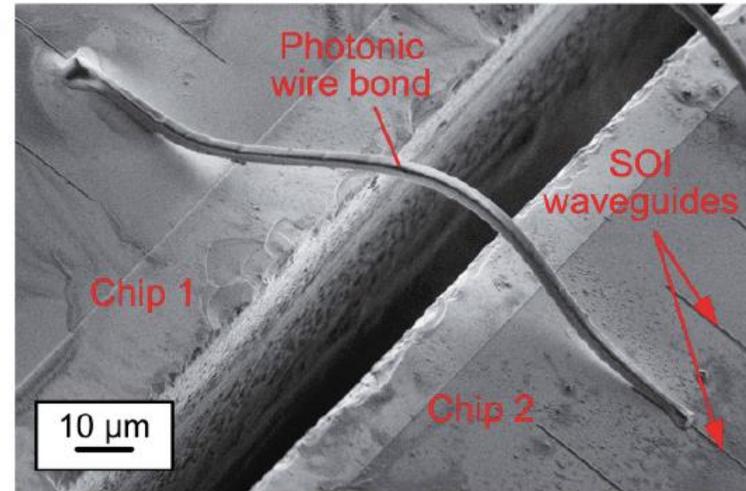
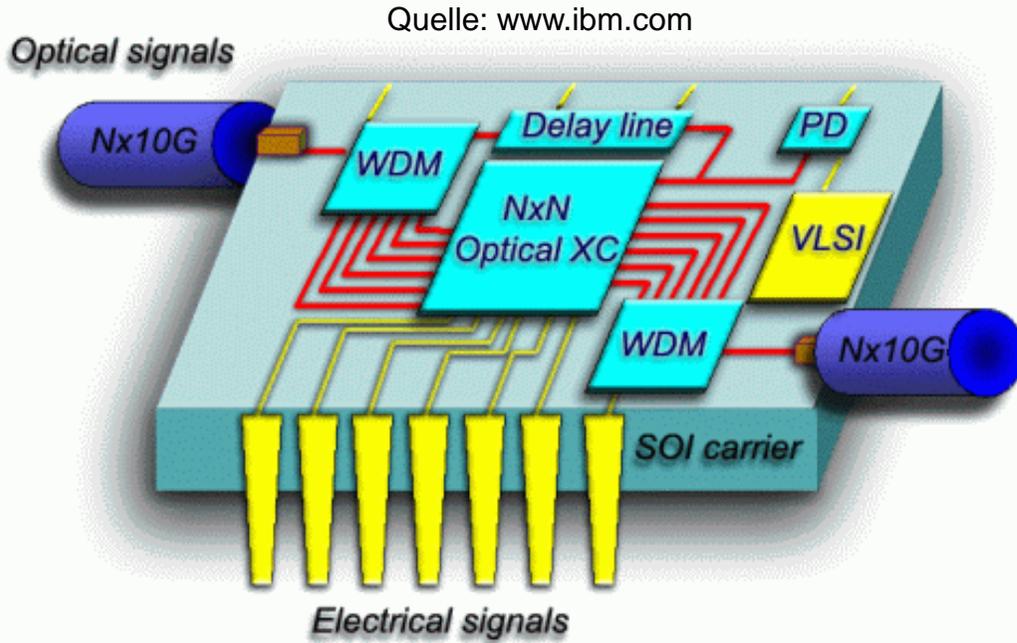


www.chipdesignmag.com (15.04.2014)

Elektronik ist nahezu „unschlagbar“ in der „lokalen“ Informationsverarbeitung

Wellenlänge Licht  $\lambda \gg$  Minimum feature size in der Si-Mikroelektronik (13 nm)  
 → kann man schlechter einsperren als Ladungen/Ströme  
 aber: Si-Nano-Photonik und Plasmonik ist stark im Kommen

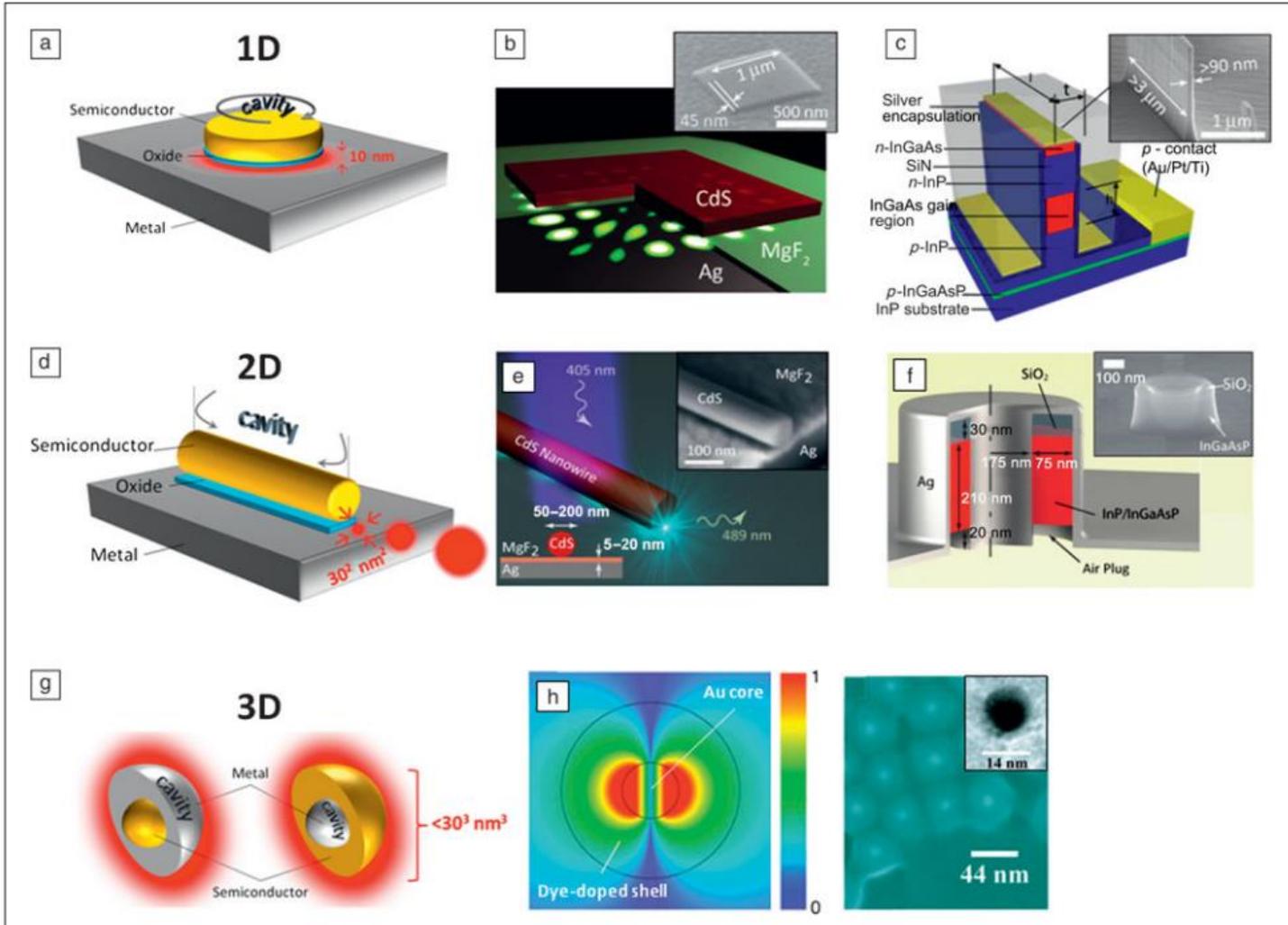
# Zukünftig Silizium-Photonik ??



Quelle: IPQ

Abb. : Schema eines zukünftigen Silizium-Chips mit elektronischen und photonischen Schaltkreisen

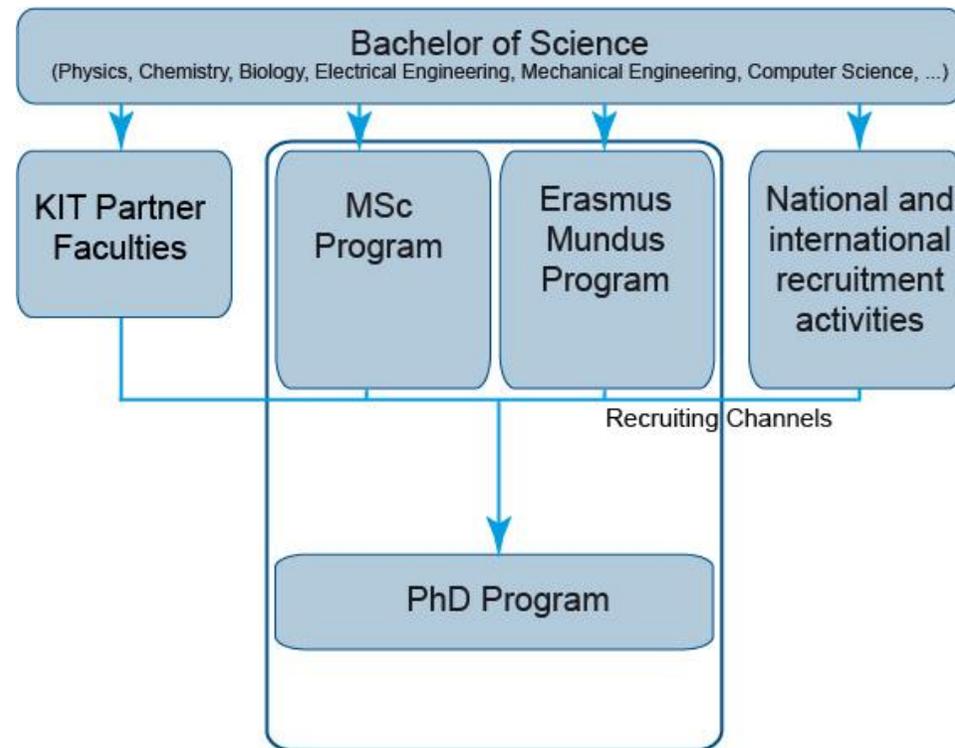
# Zukünftig Plasmonik?



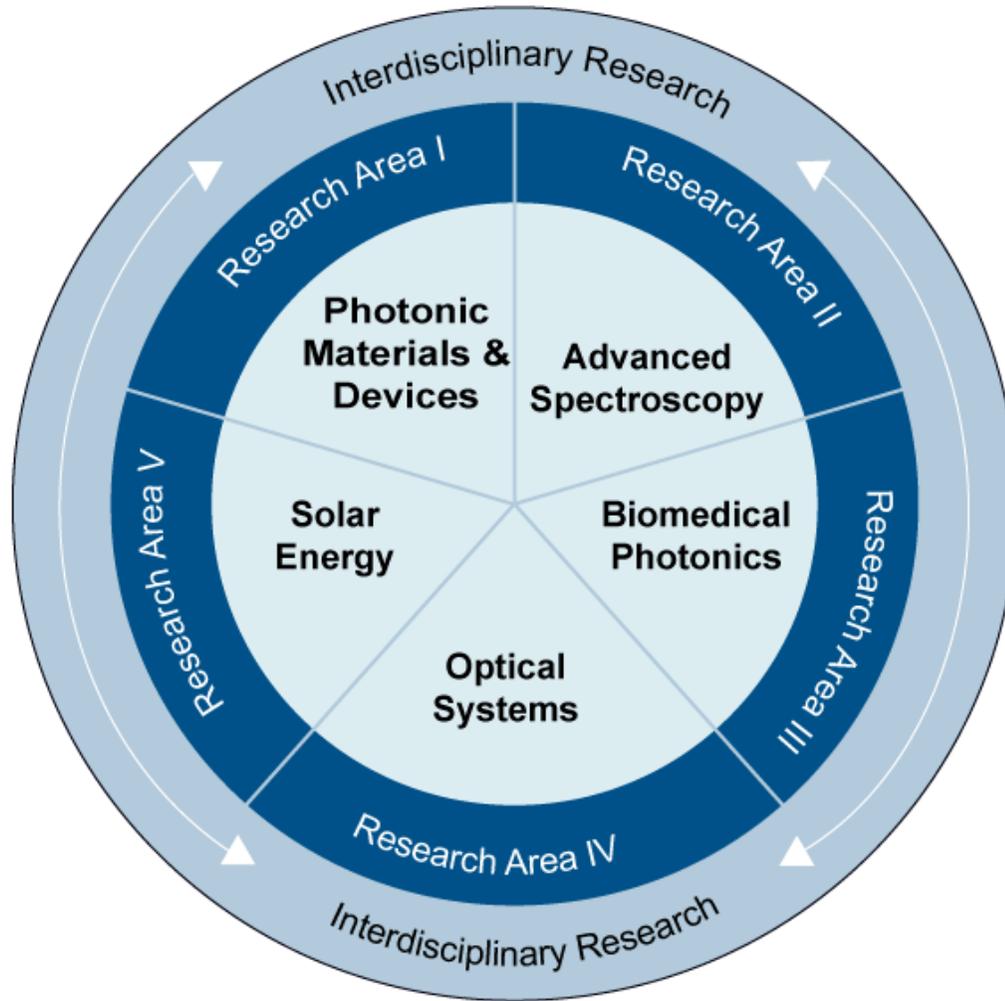
Plasmonen: Schwankungen der Ladungsdichte, können viel „kleiner“ sein als Photonen, aber mit diesen wechselwirken



- Founded in 2006 by German “Excellence Initiative”, status confirmed in 2012 by an international review panel until 2017
- Extension proposal beyond 2017 submitted
- Cooperation of 13 KIT institutes, institutions and external research partners



# KSOP Research Structure



# Accompanying Fellowship Programs O&P

## Erasmus Mundus program “EuroPhotonics”

Joint PhD & MSc program

- Up to 20 MSc fellowships p.a.
- Up to 10 PhD positions p.a.
- Multiple Master degree from at least 2 universities
- Co-tutelle PhD degrees



# OSKar: Optics Students Karlsruhe

- Internationale Hochschulgruppe Optik interessierter Studenten
- Organisiert
  - Vorträge rund um die Optik, Konferenzen
  - Exkursionen zu Firmen und Forschungseinrichtungen
  - Social events: Stammtisch, Lasertag, ...



# OSKar: Optics Students Karlsruhe

- Mehr Infos: [www.optics-karlsruhe.de](http://www.optics-karlsruhe.de) und auf der Facebookgruppe: OSKar - Optics Students Karlsruhe e.V.
- Nächstes Event: Heute abend, 19:30 im LTI Hörsaal!

