

---

# CARBON CAT



Dr. Thomas H. Rehm



Prof. Dr. Anke Krueger



Dr. Benjamin Sahlmann

<https://www.carboncat-project.de>

# Umwandlung von CO<sub>2</sub> in C<sub>1</sub>-Bausteine



Photochemische **CO<sub>2</sub>-Assimilierung** mit sichtbarem **Licht**  
auf mikrostrukturierten **Diamant**oberflächen  
in kontinuierlich betriebenen **Mikroreaktoren**



Diamant



Mikroreaktor



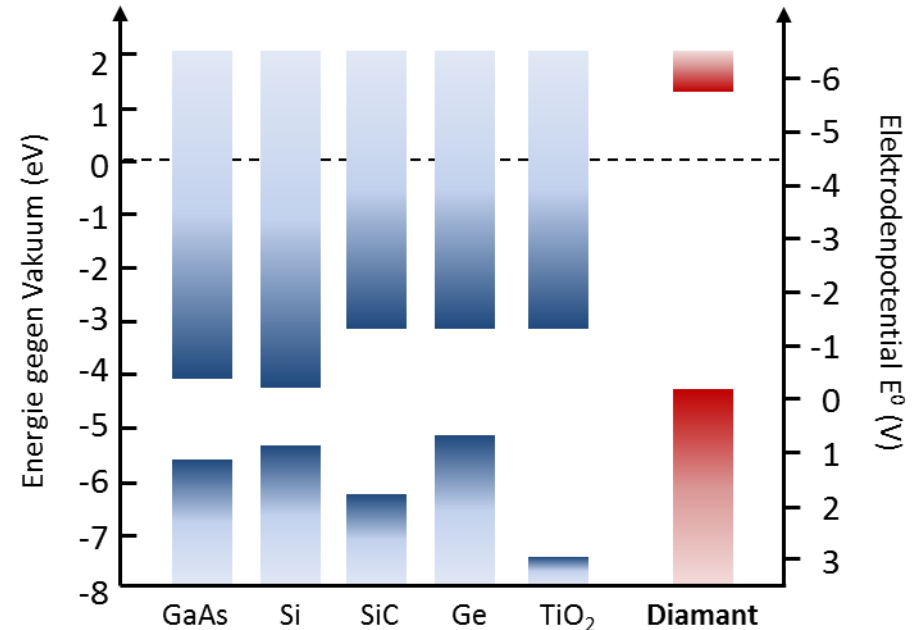
Licht



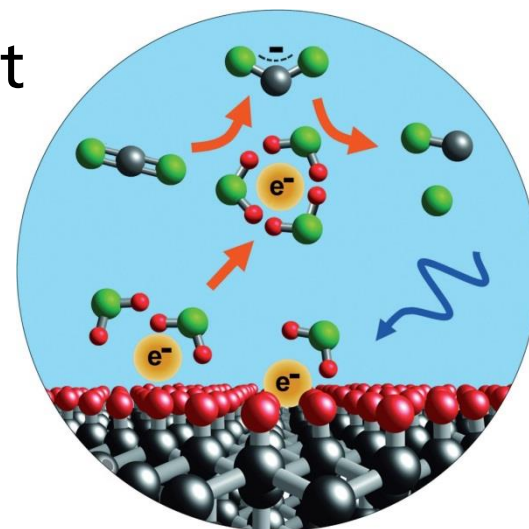
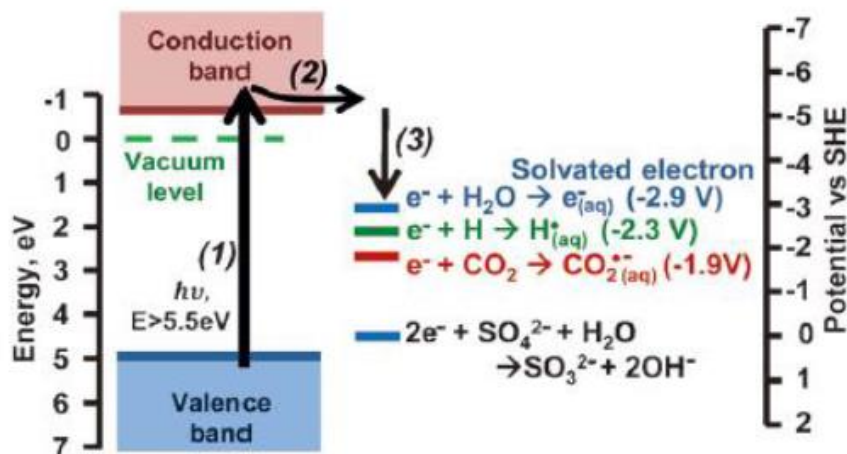
- Explorativer Projektansatz
- Neuartiges Katalysatorsystem auf Diamantbasis
- Kontinuierlicher Prozess in optimiertem Reaktorsystem
- Demonstratormodul als Machbarkeitsstudie
- Sonnenlicht als ultimativer Energieträger

## Diamant ...

- ist sehr stabil und robust.
- ist ein Halbleiter mit großer Bandlücke.
- kann ein guter Elektronen-Emitter sein.
- ist umweltfreundlich bei Verwendung und als Abfall.
- kann industriell aus unbedenklichen Vorläufern produziert werden.

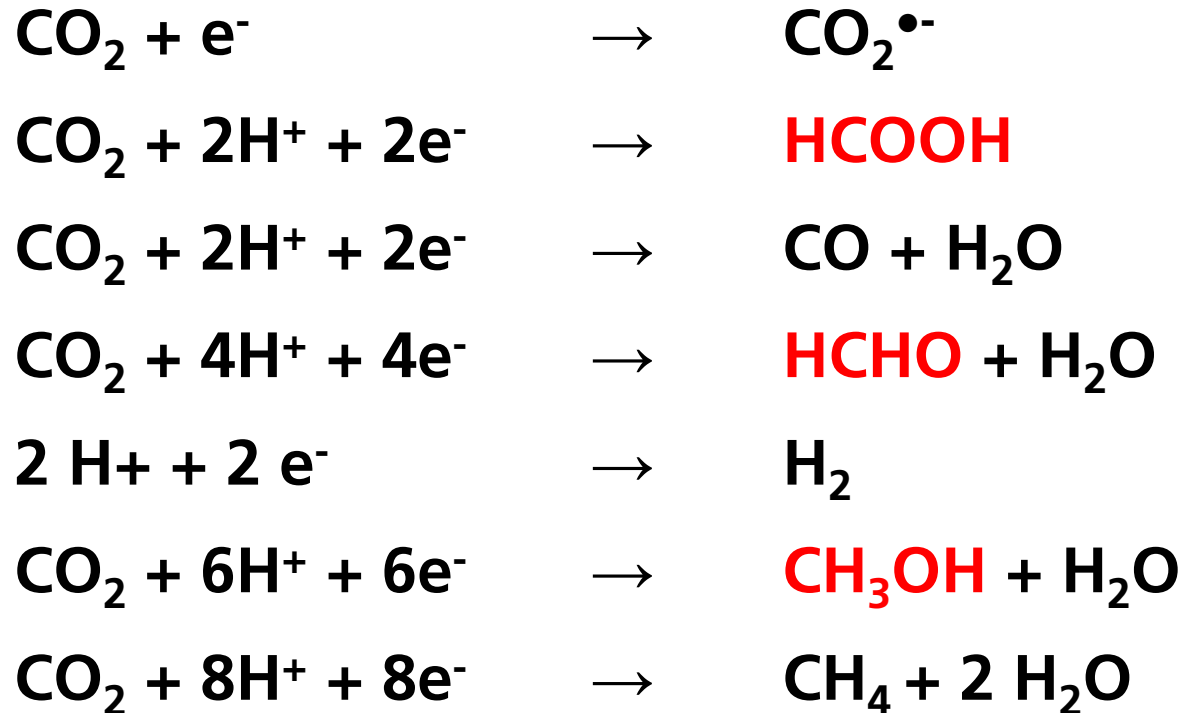


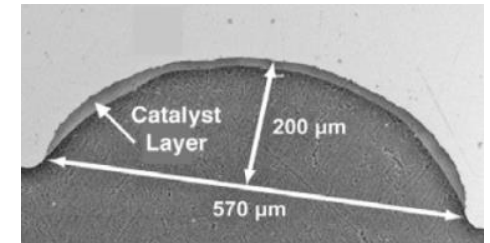
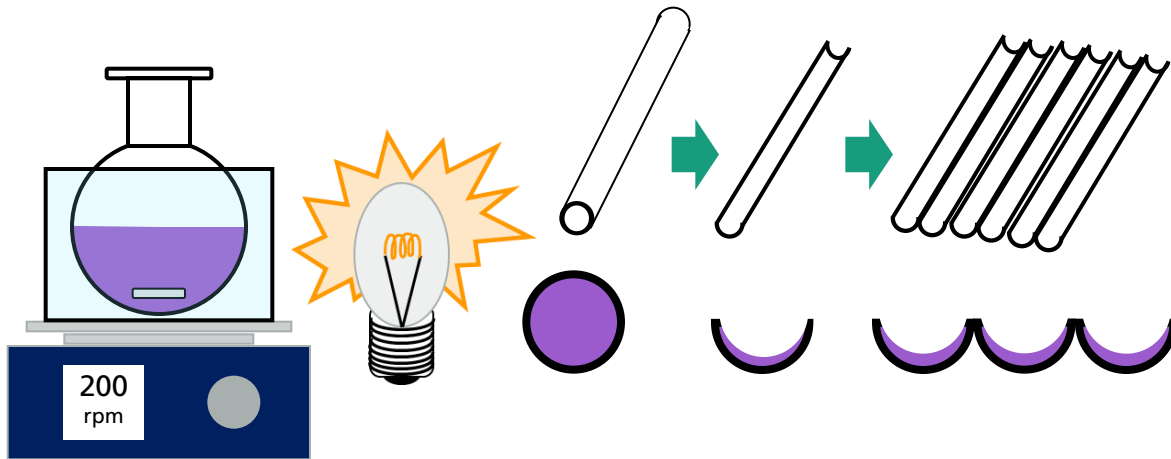
- Einfachste reaktive Spezies in Chemie und Biologie
- Meist durch Ionisierung in Solvens erzeugt, z. B. durch photochemische Anregung
- Elektroneninjektion in eine Lösung direkt aus ...
  - Metallelektroden
  - Wasserstoff-terminiertem Diamant



R. Hamers *et al.* *Faraday Discuss.* 2014, 172, 397; R. Hamers *et al.* *Angew. Chem. Int. Ed.* 2014, 53, 9746.

# Die Wege des CO<sub>2</sub>

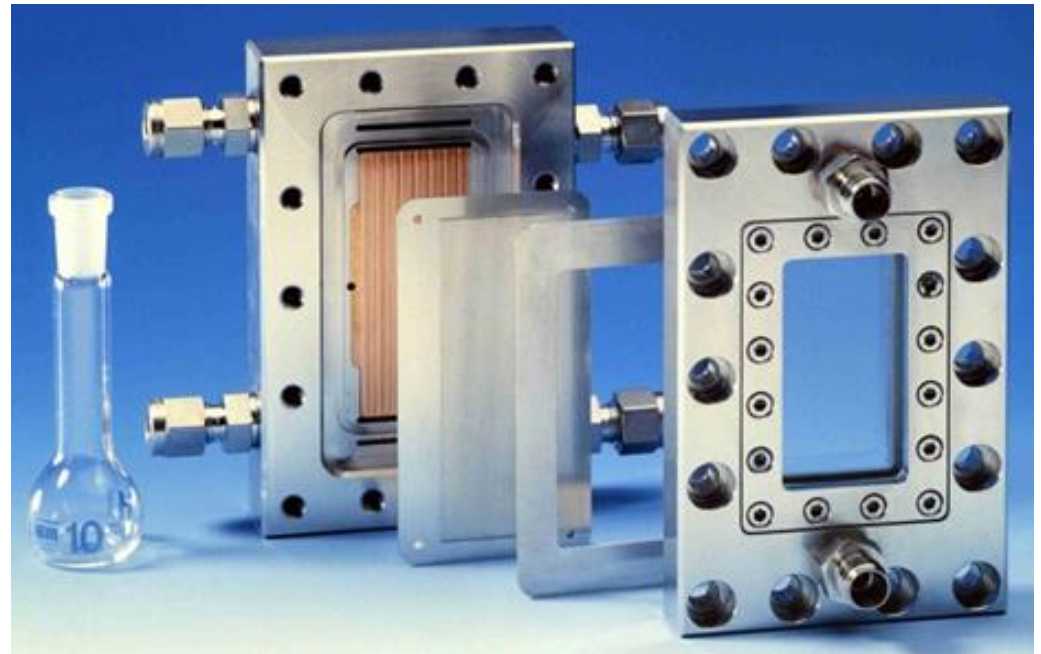


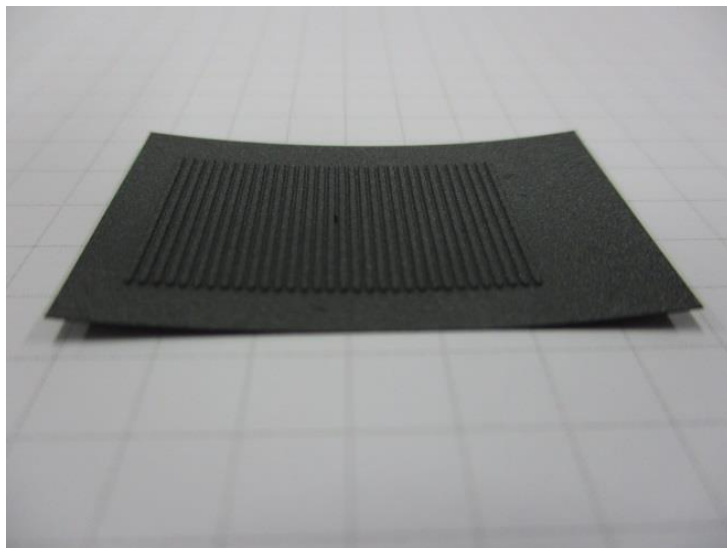
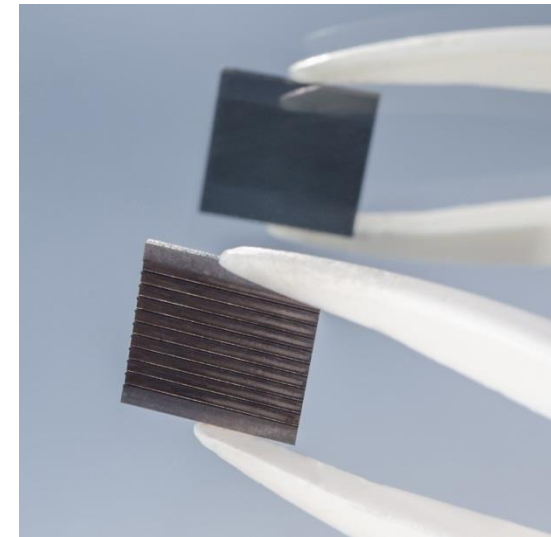
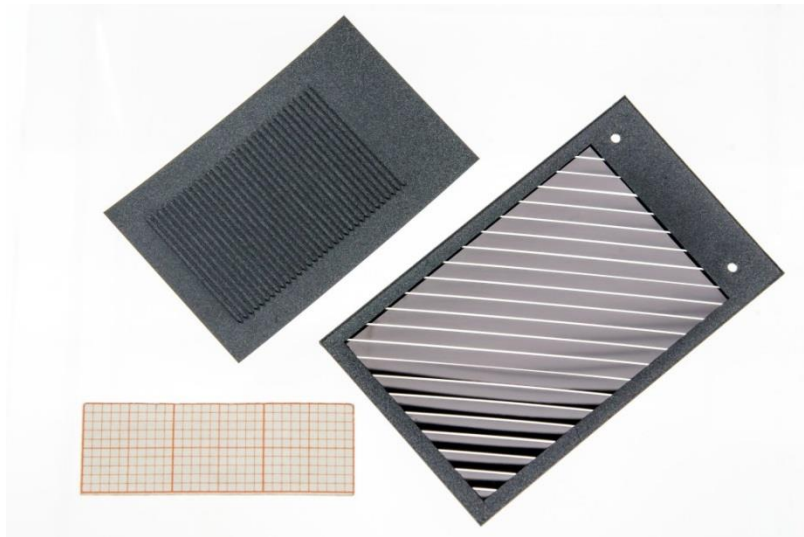


*Chem. Eng. J.*, 2013, 227, 182-190.

## Kontinuierlich betriebene Phasenkontaktierung

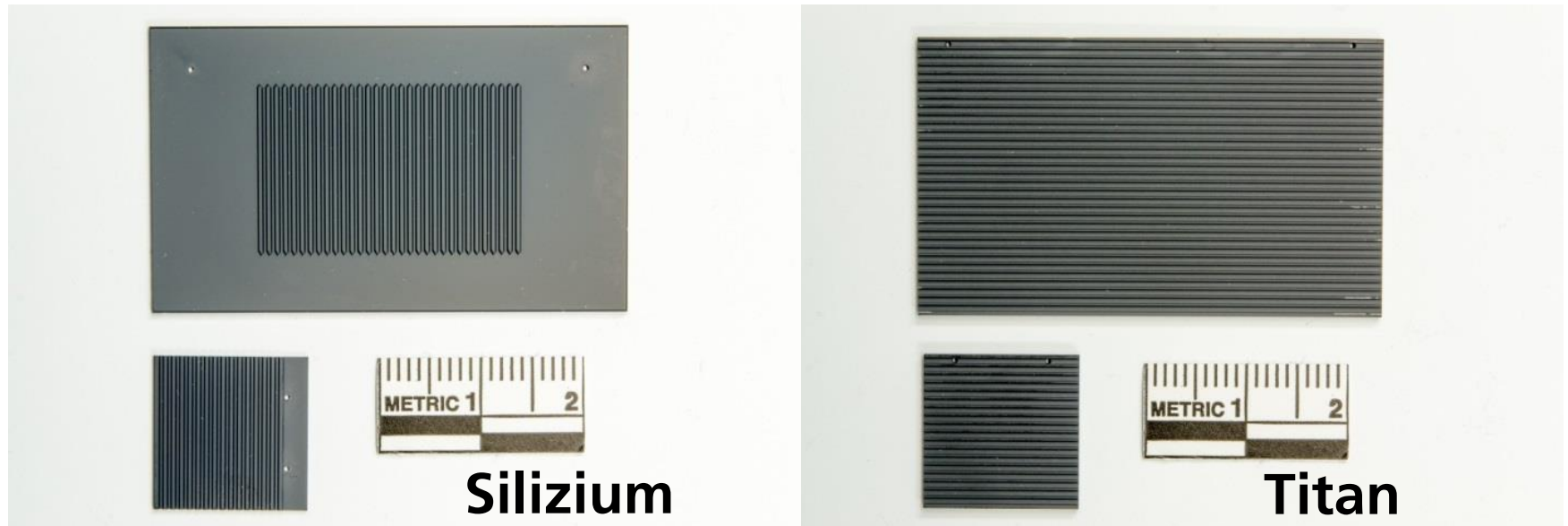
- Gas → CO<sub>2</sub>
- Flüssigkeit → Wasser
- Feststoff → Diamant
- Photonen → Lichtenergie



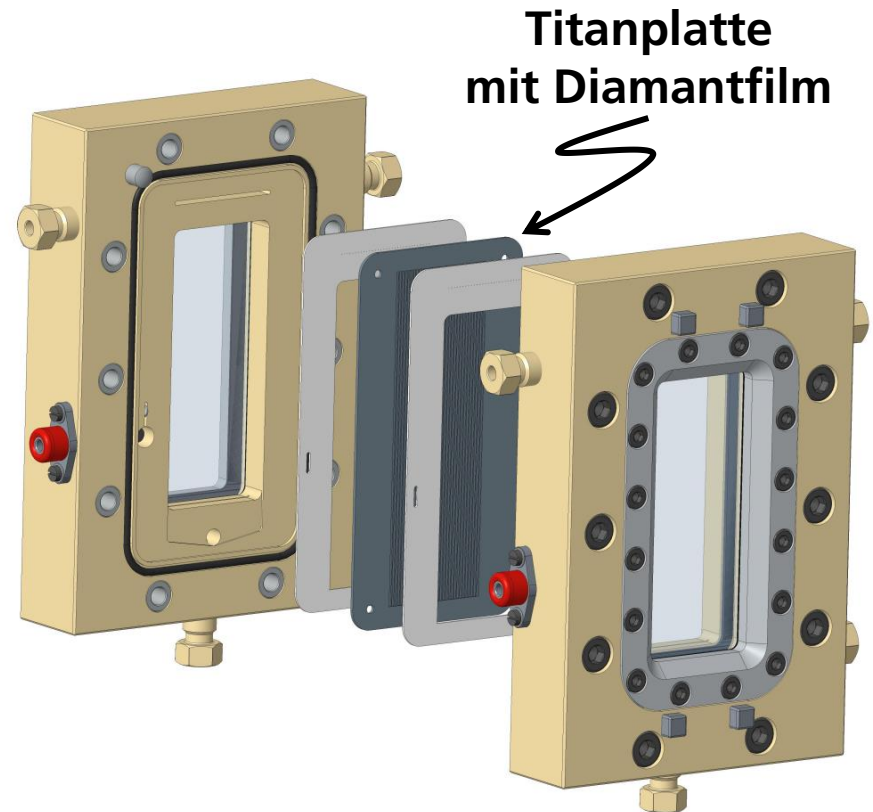
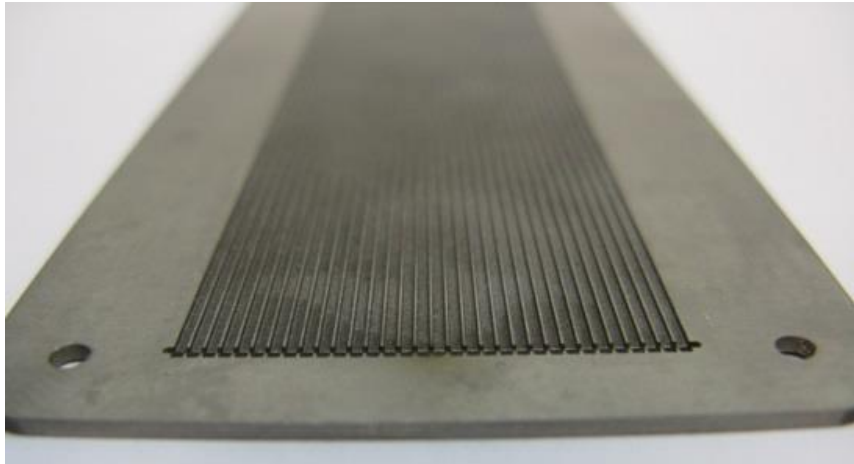


- Polykristalline Diamantplättchen
  - Bor-dotiert
  - 10 Mikrokanäle:  
600  $\mu\text{m}$  breit, 200  $\mu\text{m}$  tief
- Bor-dotierter Diamantfilm
  - 80  $\mu\text{m}$  dick
  - Mikrostrukturiertes Siliziumsubstrat





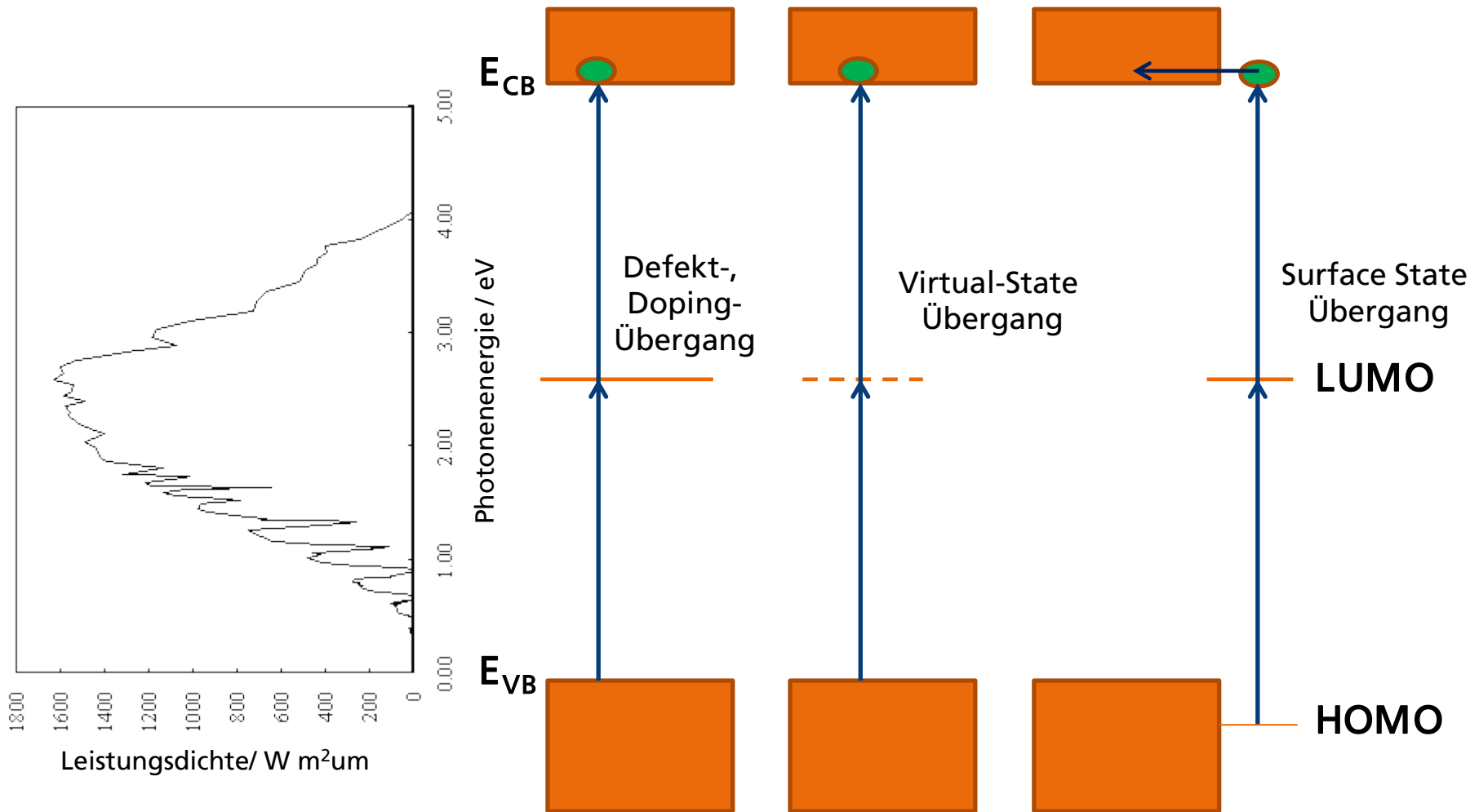
- Diamantfilm-beschichtete Plättchen für **batch-Reaktor**
  - Bor-dotierter Diamantfilm, 3-4  $\mu\text{m}$
  - Mikrostruktur: 600  $\mu\text{m}$  breit, 200  $\mu\text{m}$  tief
  - Vorarbeiten für kontinuierlichen Prozess



- Symmetrisches Reaktormodul
- Doppelte Reaktionsfläche
- Beidseitige Bestrahlung
- Bis zu 10 bar Systemdruck

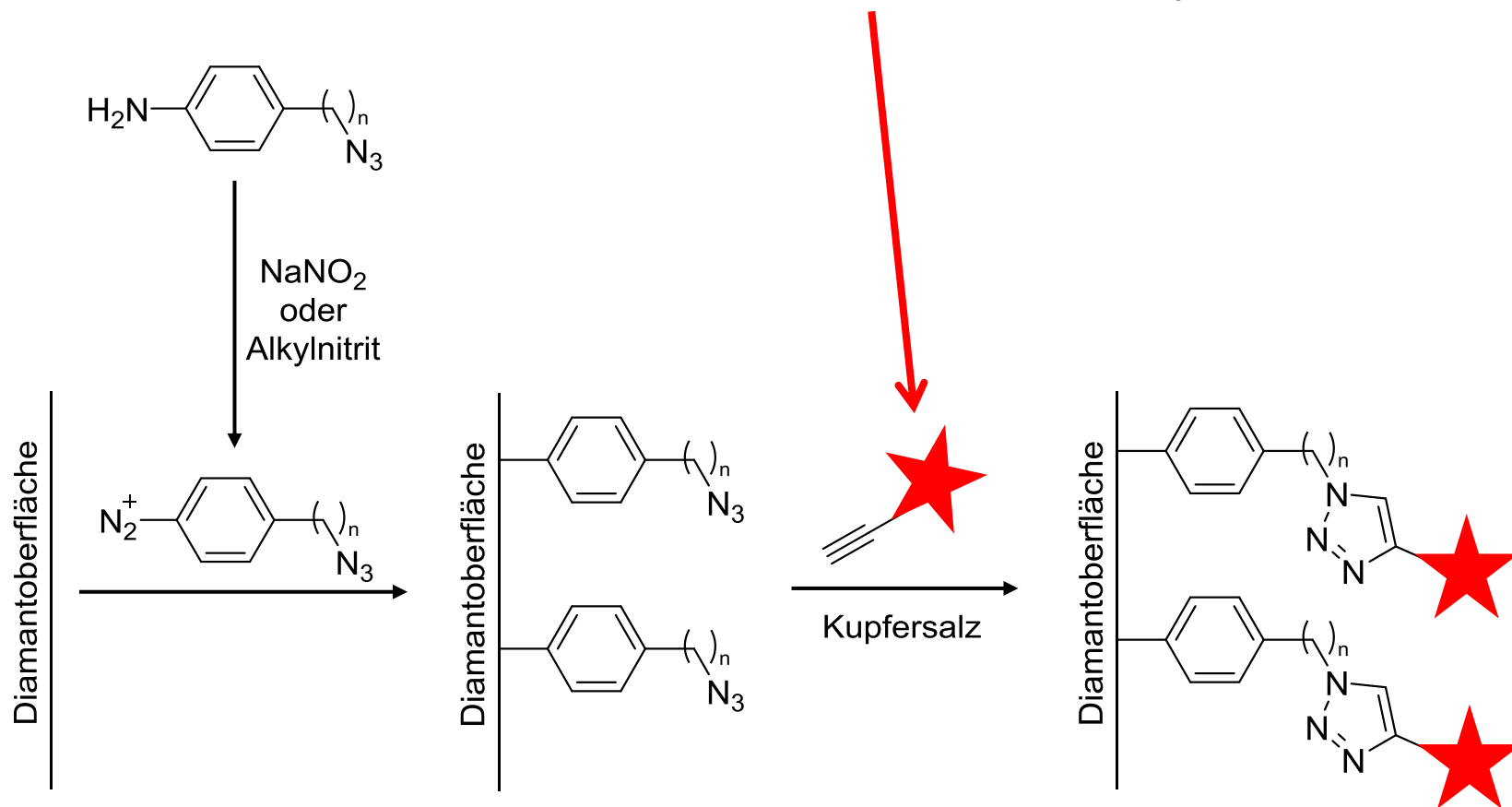
# Diamant und sichtbares Licht

Bandlücke Diamant  
5,45 eV

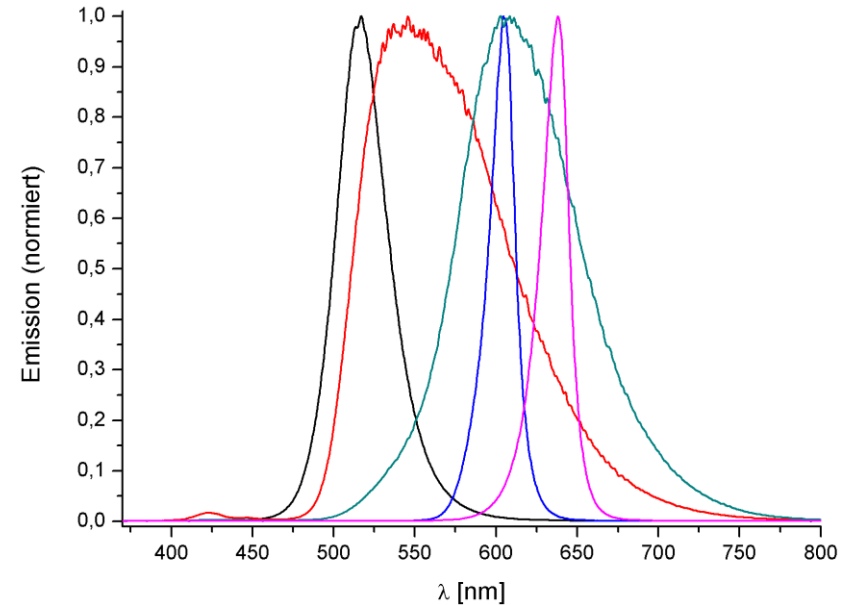
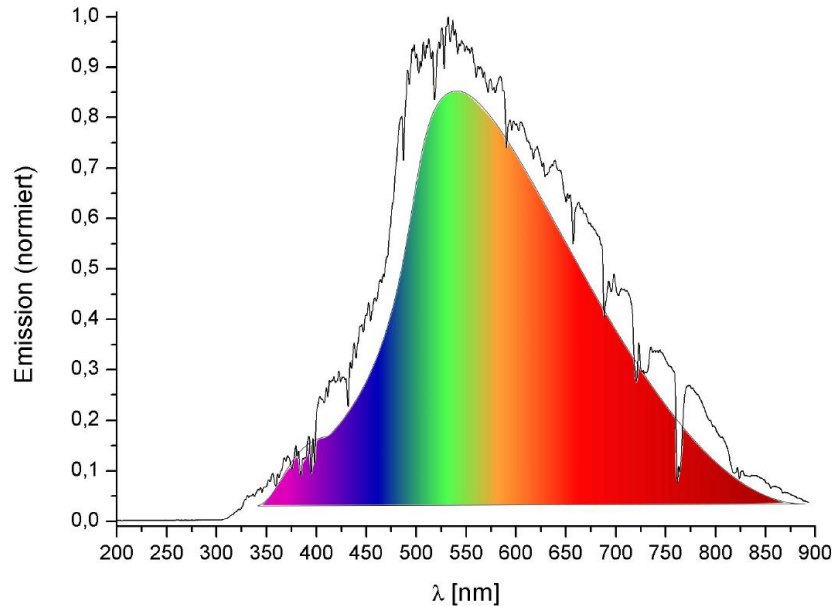


# Diamant und sichtbares Licht

- Bandlücke Diamant 5,45 eV → 227,5 nm → kurzwelliges UV-Licht
- 1-Photonenabsorption → 2-Photonenabsorption → ≥ 400 nm (violett)
- Sensibilisator = metallorganischer Farbstoff (z. B.  $\lambda_{\text{max}} = \sim 520 \text{ nm}$ )



# Maßgeschneiderte Lichtquelle



- Einstrahlung in die Absorptionsbanden des Sensitizers
- Wahlweise breitbandige oder schmalbandige Anregung
- Wellenlängenabhängige Effizienz- und Stabilitätsmessungen

# Maßgeschneiderte Lichtquelle

- Quantenausbeute aus Batch-Versuchen für Optimierung des kontinuierlichen Prozesses
- Exakte Regelung der eingetragenen Lichtleistung ermöglicht exakte Analyse der Umsetzungseffizienz.
- Anpassung der Architektur und Leistung der Lichtquelle an Reaktor



- Abstimmung des Energiebedarfs der schrittweisen Reduktion von CO<sub>2</sub> auf die durch die Sonne zur Verfügung gestellten Photonenenergie

# Danksagung

- Fraunhofer IMM
  - Stefan Schmitt
  - Anja Himmelsbach
  - Alexander Lendle
  - Doris Ehrler
  - Stefan Kunz
  - Hans-Joachim Kost
  - Christoph Knobloch
  - Dr. Thomas Klotzbücher
  - Ingo Spitzer
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen
  - PD Dr. Stefan Rosiwal
  - Thomas Helmrich
  - Maximilian Göltz
- Julius-Maximilians-Universität Würzburg
  - Dr. Sara Ranjbar
  - Thomas Hertle

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

