



Institut für Physikalische Chemie

**Vorlesung Physikalische Chemie V**  
**„Organische Elektronik – Elektronische Prozesse in organischen Halbleitern“**  
**im Sommersemester 2019**

Dr. Till Biskup

— Schriftlicher Test vom 17.07.2019 —

---

Name: \_\_\_\_\_

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

---

### Hinweise

Soweit nicht explizit in der Aufgabenstellung angegeben, ist pro Aufgabe immer nur eine der Auswahlmöglichkeiten die gewünschte Antwort. Was die gewünschte/korrekte Antwort ist, sollte aus den Folien bzw. Webcasts zum jeweiligen Thema hervorgehen.

Pro korrekt beantworteter Aufgabe gibt es einen Punkt. Falsche oder fehlende Antworten führen nicht zu Abzügen von der Gesamtpunktzahl, es gibt dann aber keine Punkte für die betreffende Aufgabe.

Nehmen Sie die Fragen zum Anlass, noch einmal über die entsprechenden Themen nachzudenken.

### Aufgabe 1

Was ist ein grundlegender Unterschied zwischen anorganischen und organischen Festkörpern, der weitreichende Konsequenzen für das Verständnis organischer Halbleiter hat?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Die Leitfähigkeit  | <input type="checkbox"/> Die Dominanz des Moleküls und seiner Eigenschaften |
| <input type="checkbox"/> Die Variabilität der möglichen Kristallgitter und damit der Erscheinungsformen | <input type="checkbox"/> Die Härte  |

### Aufgabe 2

Was sind die Vorteile organischer gegenüber anorganischen Halbleitern?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Sie sind billig, leicht, flexibel und (fast) endlos anpassbar | <input type="checkbox"/> Man braucht keine Kenntnisse in der anorganischen Chemie. |
| <input type="checkbox"/> Sie sind umweltfreundlicher.                                  | <input type="checkbox"/> Sie sind langlebiger.                                     |

### Aufgabe 3

Was besagt die Born-Oppenheimer-Näherung?

- Elektronen sind leichter als Kerne.
- Elektronische Übergänge sind aufgrund der geringen Elektronenmasse instantane Vorgänge.
- Der Unterschied in der Masse von Elektronen und Kernen erlaubt die Separation der Schrödinger-Gleichung.
- Fluoreszenz findet immer aus dem  $S_1$  statt.

### Aufgabe 4

Was versteht man im Kontext der elektronischen Zustände eines Moleküls unter einer Konfiguration?

- die Molekülgeometrie des angeregten Zustands
- die Anordnung der Molekülorbitale
- die Verteilung der Elektronen auf die Molekülorbitale
- die Zahl vorhandener Orbitale

### Aufgabe 5

Was unterscheidet harmonischen und anharmonischen Oszillator voneinander?

- Es gibt keinen.
- der Zusammenhang zwischen Frequenz und Amplitude
- die Harmonie
- der Zusammenhang zwischen Rückstellkraft und Auslenkung

### Aufgabe 6

Was ist die Voraussetzung für Übergänge zwischen unterschiedlichen Spin-Multiplizitäten?

- Interkombination
- Mischung von Bahn- und Spindrehimpuls
- passende Lage der Energieniveaus
- Atome mit großer Kernladungszahl

### Aufgabe 7

Was besagt das Energielückengesetz?

- Die Übergangsrate strahlender Übergänge hängt quadratisch von der Energiedifferenz ab.
- Die Übergangsrate nichtstrahlender Übergänge hängt logarithmisch von der Energiedifferenz ab.
- Die Übergangsrate strahlender Übergänge hängt exponentiell von der Energiedifferenz ab.
- Die Übergangsrate nichtstrahlender Übergänge hängt exponentiell von der Energiedifferenz ab.

### Aufgabe 8

Was bestimmt der Schwingungsanteil der Wellenfunktion?

- die Intensität des strahlenden Übergangs
- die spektrale Form von Anregung und Emission
- die energetische Lage von Anregung und Emission
- die Intensität des nichtstrahlenden Übergangs

### Aufgabe 9

Was ist die Voraussetzung für die Punkt-Dipol-Näherung?

- Die Dipole sind parallel zueinander orientiert.
- Die Dipole dürfen nicht miteinander wechselwirken.
- Der Abstand zwischen den Dipolen ist groß gegenüber ihrer Ausdehnung.
- Die Näherung ist immer erfüllt.

### Aufgabe 10

Was ist der Unterschied zwischen (physikalischem) Dimer und Exzimer?

- die Art der Wechselwirkung
- die Stärke der Wechselwirkung
- die Art der Moleküle
- die Orientierung der Moleküle zueinander

### Aufgabe 11

Was ist der Unterschied zwischen Exzimer und Exziplex?

- die Lebensdauer des angeregten Zustands
- Ein Exzimer besteht aus unterschiedlichen, ein Exziplex aus gleichen Molekülen.
- Ein Exzimer besteht aus gleichen, ein Exziplex aus unterschiedlichen Molekülen.
- die Emissionswellenlänge

### Aufgabe 12

Von welchen Parametern hängt der Förster-Resonanzenergietransfer ab? (Mehrere Antworten möglich)

- Abstand zwischen den Dipolen ( $\propto r^3$ )
- Winkel zwischen den Dipolen
- Abstand zwischen den Dipolen ( $\propto r^{-3}$ )
- effektiver gemittelter Orbitalradius

### Aufgabe 13

Was ist die effektive Konjugationslänge?

- die Länge des konjugierten Systems
- das Ausmaß der kohärenten Kopplung einer Anregung entlang der Polymerkette
- die Reichweite der Diffusion eines angeregten Zustands entlang des Polymerrückgrats
- die Zahl der  $\pi$ -Bindungen im Polymer

### Aufgabe 14

Auf welchen Wegen lassen sich geladene organische Halbleiter erzeugen? (Mehrere Antworten möglich)

- Injektion
- Adsorption
- Absorption
- Dotierung

### Aufgabe 15

Welches der genannten Teilchen ist *kein* Quasiteilchen?

- Polaron
- Tachyon
- Exziton
- Phonon

### Aufgabe 16

Was ist der grundlegende Unterschied zwischen dem polaronischen Transport in organischen Halbleitern und der Marcus-Theorie des Elektronentransfers?

- der Nobelpreis
- keiner
- die Art der Ladungen
- der Mechanismus

### Aufgabe 17

Welche Typen organischer elektronischer Bauelemente haben praktische Bedeutung? (Mehrere Antworten möglich)

- Leuchtdioden
- Transistoren
- Solarzellen
- Kondensatoren

### Aufgabe 18

Welche Art von Ladungsträgern ist stärker von Fallen betroffen und warum?

- Löcher aufgrund der leichten Oxidierung der Halbleitermaterialien
- Löcher aufgrund der leichten Reduzierung der Halbleitermaterialien
- Elektronen aufgrund der leichten Reduzierung der Halbleitermaterialien
- Elektronen aufgrund der leichten Oxidierung der Halbleitermaterialien

### Aufgabe 19

Welche sekundären Prozesse können zur Entstehung angeregter Zustände beitragen?  
(Mehrere Antworten möglich)

- Rekombination von Ladungsträgerpaaren
- Exziton–Exziton-Auslöschung
- thermisch aktivierte umgekehrte Interkombination
- Energietransfer

### Aufgabe 20

Welcher Prozess wird als Ursache für die Abweichung von der Spinstatistik bei der Ladungsträgerinjektion in konjugierten Polymeren diskutiert?

- Singulett-Triplett-Auslöschung
- Spin-Bahn-Kopplung durch schwere Kerne
- Singulett-Spaltung (*singlet fission*)
- Triplett-Triplett-Auslöschung

### Aufgabe 21

Welche Auswirkung hat Unordnung auf die Dissoziation von Ladungsträgerpaaren?  
(Mehrere Antworten möglich)

- Verringerung der Konjugationslänge in Polymeren und damit Verringerung der Dissoziationsrate
- verbesserte Dissoziation in Molekülen mit eingeschränktem konjugiertem System
- verschlechterte Dissoziation in Molekülen mit eingeschränktem konjugiertem System
- Erweiterung der Konjugationslänge in Polymeren und damit Verbesserung der Dissoziationsrate

### Aufgabe 22

Was ist die Besonderheit des Energietransfers in der kondensierten Phase? (Mehrere Antworten möglich)

- kohärenter Ein-Schritt-Prozess
- Abfolge inkohärenter Transferschritte
- Wechselwirkungen zwischen Donator und Akzeptor spielen keine Rolle.
- über dipolare bzw. Austausch-Wechselwirkung zwischen Donator und Akzeptor kontrolliert

### Aufgabe 23

Welche Ursachen für verzögerte Fluoreszenz lassen sich unterscheiden? (Mehrere Antworten möglich)

- Triplett-Triplett-Auslöschung
- Singulett-Triplett-Auslöschung
- thermisch aktivierte reverse Interkombination
- Rekombination eines Ladungsträgerpaares