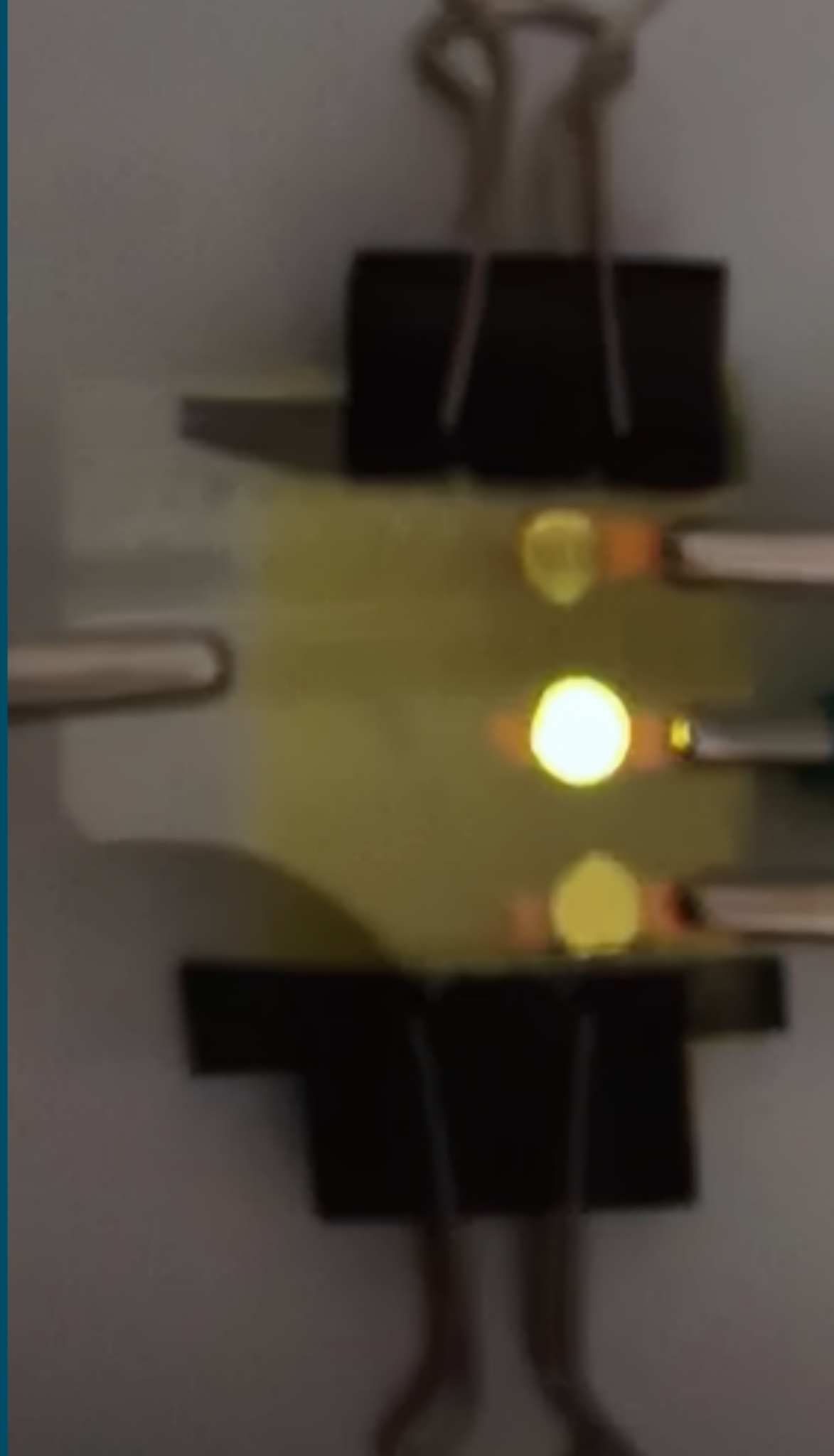


Chemie-Labothek

INTELLIGENTE KUNSTSTOFFE

BLOCK 3
Halbleitende Polymere für OLEDs



BLOCK 3

ANLEITUNG & HINWEISE

Im folgenden Abschnitt finden Sie die Anleitungen zu den Versuchen. Versuchsdurchführungen sind mit ein V gekennzeichnet (z. B. V 2.1). Anschließend sind einzelne Auswertungsfragen/-aufgaben angefügt (z. B. A 1.2).

Zwischendurch werden Sie diverse Symbole und Piktogramme erkennen.



Dieses Symbol weist Sie darauf hin die beschriebenen Arbeiten im Abzug durchzuführen.



Stellen, an denen Sie etwas ausfüllen oder ergänzen sollen, sind mit diesem Symbol markiert.



Mit einem Klick auf dieses Symbol werden Sie auf eine Quelle im Internet geleitet, die Ihnen zusätzliche Informationen bietet.



Dieses Symbol signalisiert, dass Sie an dieser Stelle mithilfe der Kamera Aufnahmen tätigen sollen.

Halbleitende Polymere für OLEDs - Aufbau

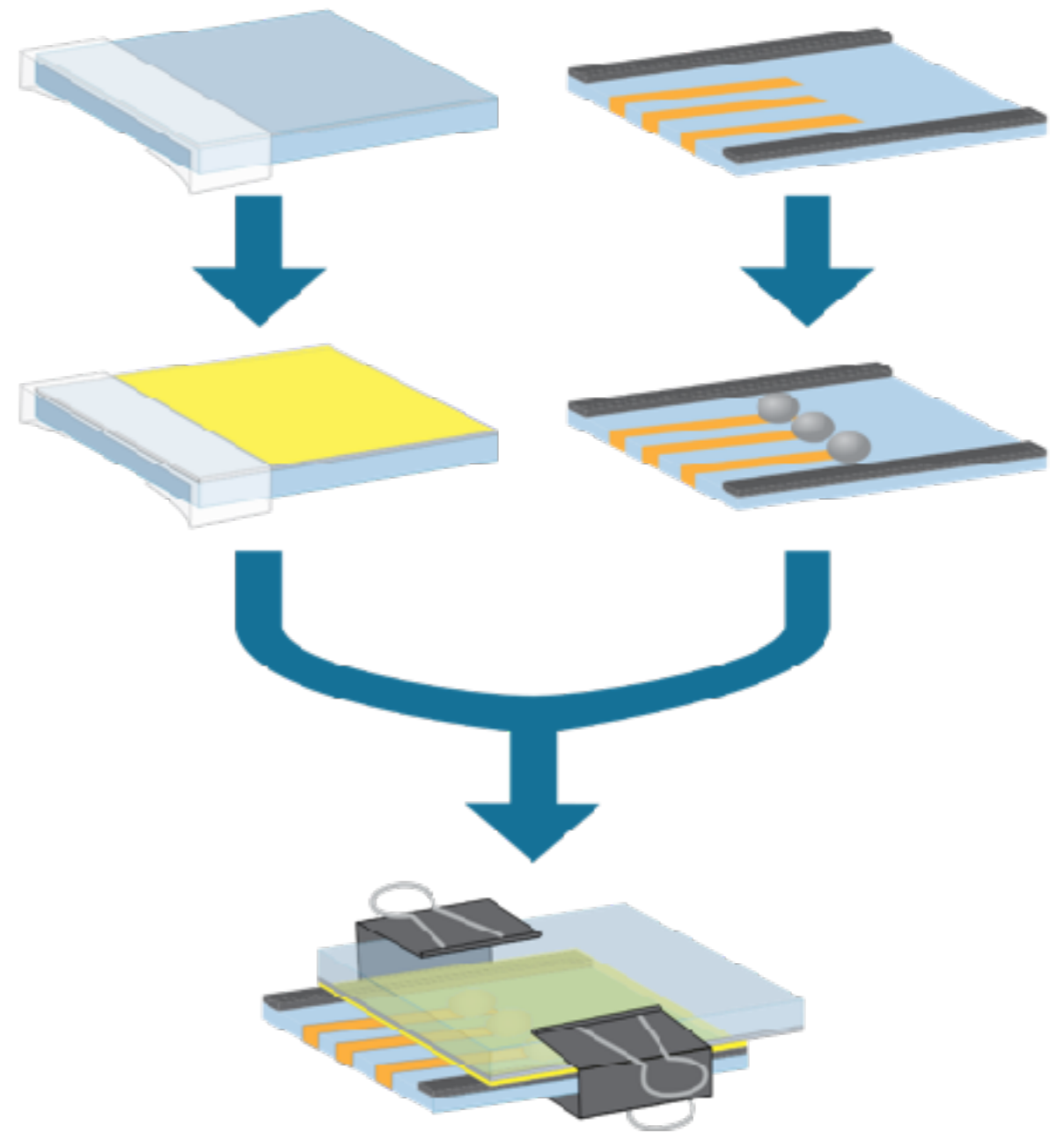
Arbeitsmaterialien

FTO-Glas, Glas mit Gummistreifen,
2 Foldbackklammern, Spincoater mit Spritz-
schutz, 1 mL Einwegspritze mit Kanüle, Klebefilm,
Zellstofftuch, Multimeter, Kabel

Chemikalien

Superyellow[®] in Toluol, Galinstan,
selbstklebende Kupferfolien, Aceton

Versuchsskizze



V 1.1

Das FTO-Glas (FTO: Fluor-Zinn-Oxid – eine transparente, leitfähige Beschichtung) wird mithilfe von Aceton und einem Zellstofftuch gereinigt. Anschließend wird vermieden, die FTO-Fläche des Glases mit den Fingern zu berühren.

Der elektrische Widerstand beider Glasseiten wird gemessen, indem die Kabelenden des Multimeters in einem Abstand von 1 cm auf die Glasoberfläche gehalten werden. Auf der leitfähigen Seite sollte das Multimeter einen Wert von ca 20 - 40 Ω messen.

Eine Kante der leitfähigen Seite wird bündig mit Klebefilm abgeklebt (Versuchsskizze oben links).



ABZUG

Der nächste Schritt erfolgt unbedingt im Abzug! Der Spincoater sollte auf Stufe 3 eingestellt sein (dies entspricht 3 000 U/min). Das FTO-Glas wird mithilfe eines kleinen Stücks doppelseitigen Klebebands mittig auf dem Drehkopf des Spincoaters fixiert. Es wird darauf geachtet, dass die leitfähige Seite oben ist.

Mit der Spritze werden ca. 0,2 mL Superyellow[®]-Lösung genau auf die Mitte des FTO-Glases gegeben. Die Spritze wird dafür senkrecht zum Glas gehalten und die Lösung zügig auf das Glas gegeben. Sie darf ruhig auch auf das Klebeband laufen.

Der Spritzschutz wird zügig über den Spincoater gestülpt, der Abzug geschlossen und der Spincoater für ca. 20 s eingeschaltet. Dies sollte zu einer dünnen, durchgehenden Schicht aus Superyellow® auf dem FTO-Glas führen.

V 1.2 Von der Kupferfolie werden drei schmale Streifen der Länge 3 cm abgeschnitten. Die rückseitigen Schutzfolien werden entfernt und die Kupferstreifen werden auf die Seite des Gläschens geklebt, auf der sich die Gummistreifen befinden. Sie sollten bis zur Hälfte der Glasfläche reichen (Versuchsskizze oben rechts).

Die auf diese Weise vorbereitete Fassung wird mit der beklebten Seite nach oben auf ein Zellstofftuch gelegt. Mit der Galinstan-Spritze wird auf jeden Kupferstreifen ein streichholzkopfgroßer Galinstan-Tropfen gegeben.

V 1.3 Das Klebeband wird vom FTO-Glas entfernt. Das Glas wird dann mit der beschichteten Seite nach unten auf die Galinstan-Fassung gelegt. Dies führt zu einem engen Kontakt zwischen Galinstan und der Superyellow®-Schicht. Es wird darauf geachtet, dass der unbeschichtete Teil des FTO-Glases auf der den Kupferstreifen gegenüberliegenden Seite herausragt (Versuchsskizze unten).

Das so erstellte „Sandwich“ wird vorsichtig in die Hand genommen und mithilfe der beiden Foldbackklammern fixiert.

Halbleitende Polymere für OLEDs - Untersuchung

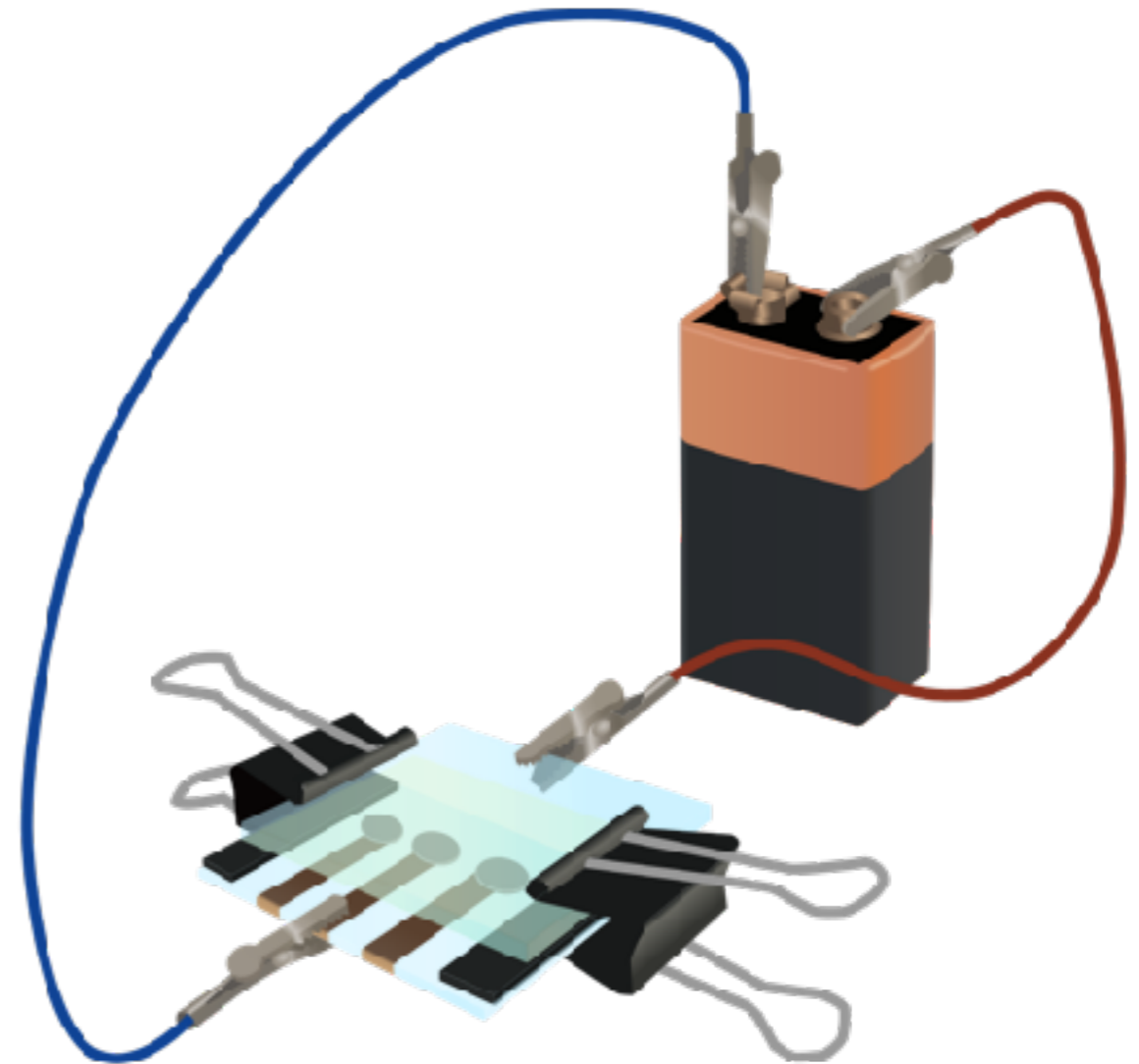
Arbeitsmaterialien

9-V-Batterie, Krokodilklemmen und Kabel,
Gleichspannungsquelle, Spritze mit Kanüle,
OLED aus V1

Chemikalien

Aceton

Versuchsskizze



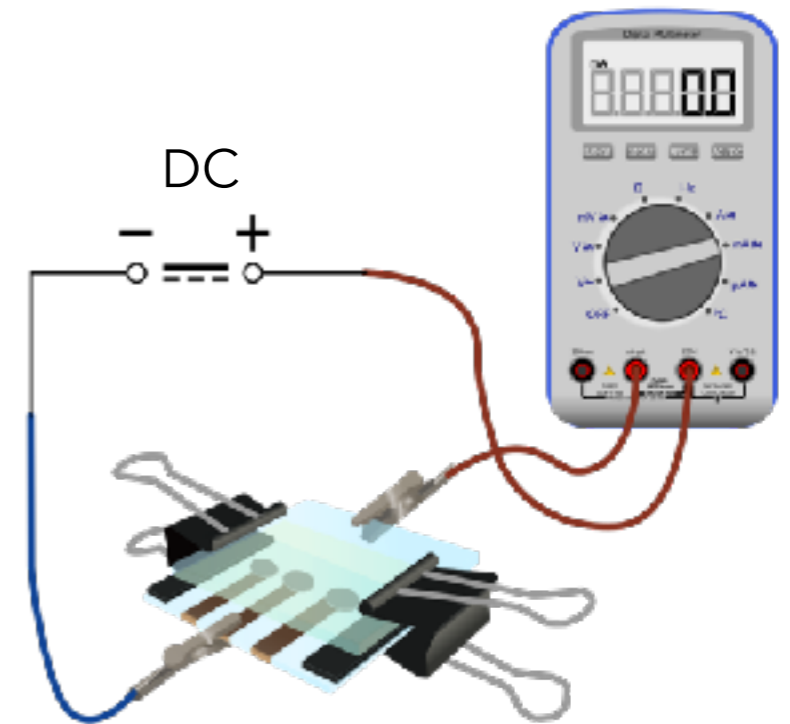
Versuchsdurchführung - Untersuchung

V 2.1 Zwei Kabel werden mit Krokodilklemmen an die Pole einer 9-V-Batterie angeschlossen. Der Plus-Pol der Batterie wird mit der freiliegenden Seite des FTO-Glases verbunden, der Minus-Pol an einen der Kupferstreifen (vg. Versuchsskizze). Es wird darauf geachtet, dass sich die Klemmen nicht berühren.

In einem abgedunkelten Raum werden die Leuchtpunkte der OLED auf Funktion getestet. Es wird einige Sekunden gewartet, da die OLEDs bei der ersten Inbetriebnahme träge reagieren. Dies wird mit allen drei OLEDs durchgeführt.

V 2.2 Die OLED wird mit einer regulierbaren Gleichspannungsquelle und einem Multimeter in Reihe geschaltet (siehe rechts). Für jeden der Leuchtkreise wird eine Stromstärke-Spannungs- Kennlinie aufgenommen: Die Spannung wird auf 0 reguliert und das Messgerät auf Stromstärke- Messung (Gleichspannung DC, Messbereich mA) eingestellt. Die Spannung wird in 2-V-Schritten von 0 auf 12 V erhöht und es wird jeweils die

Versuchsskizze



gemessene Stromstärke notiert. Die Messung wird vorzeitig beendet, wenn die Stromstärke 150 mA überschreitet.



	0 V	2 V	4 V	6 V	8 V	10 V	12 V
I_1 [mA]	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
I_2 [mA]	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
I_3 [mA]	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Mittelwerte	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

V 2.3

Zum Abbau der OLED werden die Klemmen entfernt und die Gläser voneinander gelöst. Das Galinstan wird vorsichtig in die Abfallspritze gesaugt und die Gläser werden unter fließendem Wasser gereinigt.

Das Superyellow wird mithilfe eines Zellstofftuchs und Aceton entfernt.

Der Objektträger mit den Kupferstreifen kann wiederverwendet werden. Die gebrauchten FTO-Gläser werden in den dafür vorgesehenen Behälter gelegt.

- A 1.1 In Abbildung 1 ist das Polymermolekül des Emitters Superyellow® abgebildet. Markieren Sie in dem Molekül den Bereich, in dem Einfach- und Doppelbindungen konjugiert vorliegen, d. h. sich stets abwechseln.

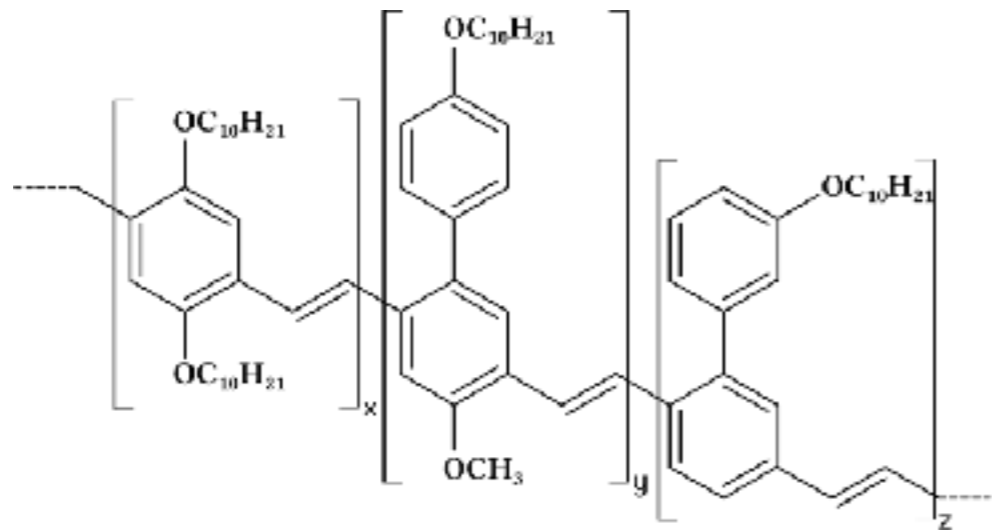


Abbildung 1: Strukturausschnitt des Superyellow®-Moleküls.

Die in eckigen Klammern gesetzten Einheiten wiederholen sich unterschiedlich oft. Dies ist durch die Angabe von x, y und z an der unteren Ecke der Klammern ersichtlich.

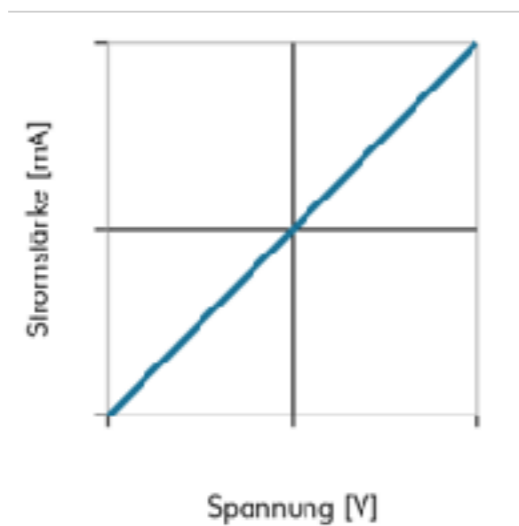
- A 1.2 Im von Ihnen markierten Bereich können sich zusätzliche Elektronen oder Elektronen-Fehlstellen, sogenannte Löcher, frei bewegen. Begründen Sie, ob ein Stoff, der aus solchen Molekülen besteht, in der Lage ist, elektrischen Strom zu leiten.



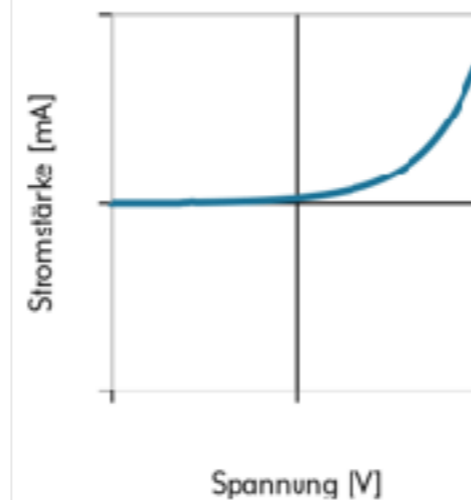


A 2.1

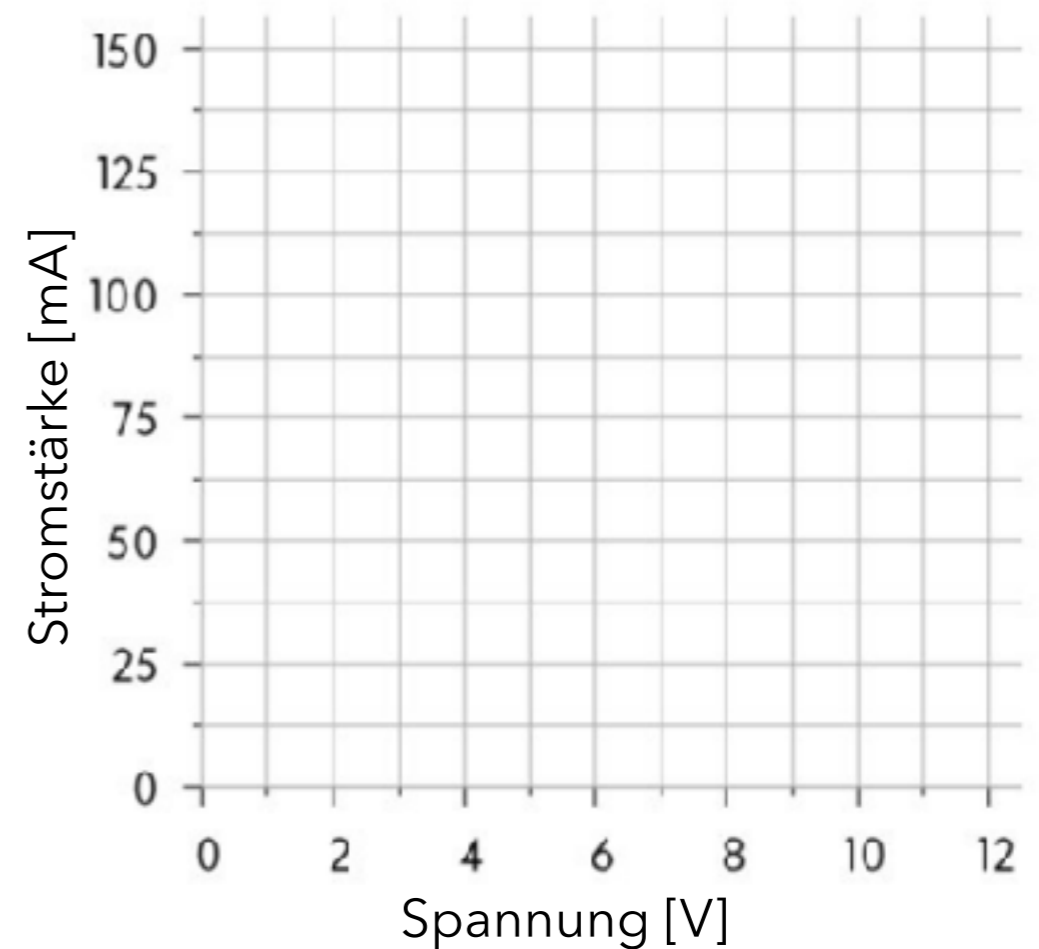
Zeichnen Sie die Mittelwerte Ihrer Messungen aus V 2.2 im nebenstehenden Diagramm ein und vergleichen Sie Ihre Stromstärke-Spannungskennlinie mit denen eines Leiters und einer Diode:



Leiter: linearer Zusammenhang



Diode: exponentieller Zusammenhang



A 2.2



Bei der Elektrolumineszenz finden insgesamt fünf relevante Elementarschritte statt, die sie im Detailmodell der Flash-Animation "Elektrolumineszenz in der OLED" nacheinander untersuchen können. Benennen Sie die fünf Schritte und ordnen Sie die entsprechenden Nummern den Schritten in den Abbildungen 2 und 3 zu.

1.

2.

3.

4.

5.

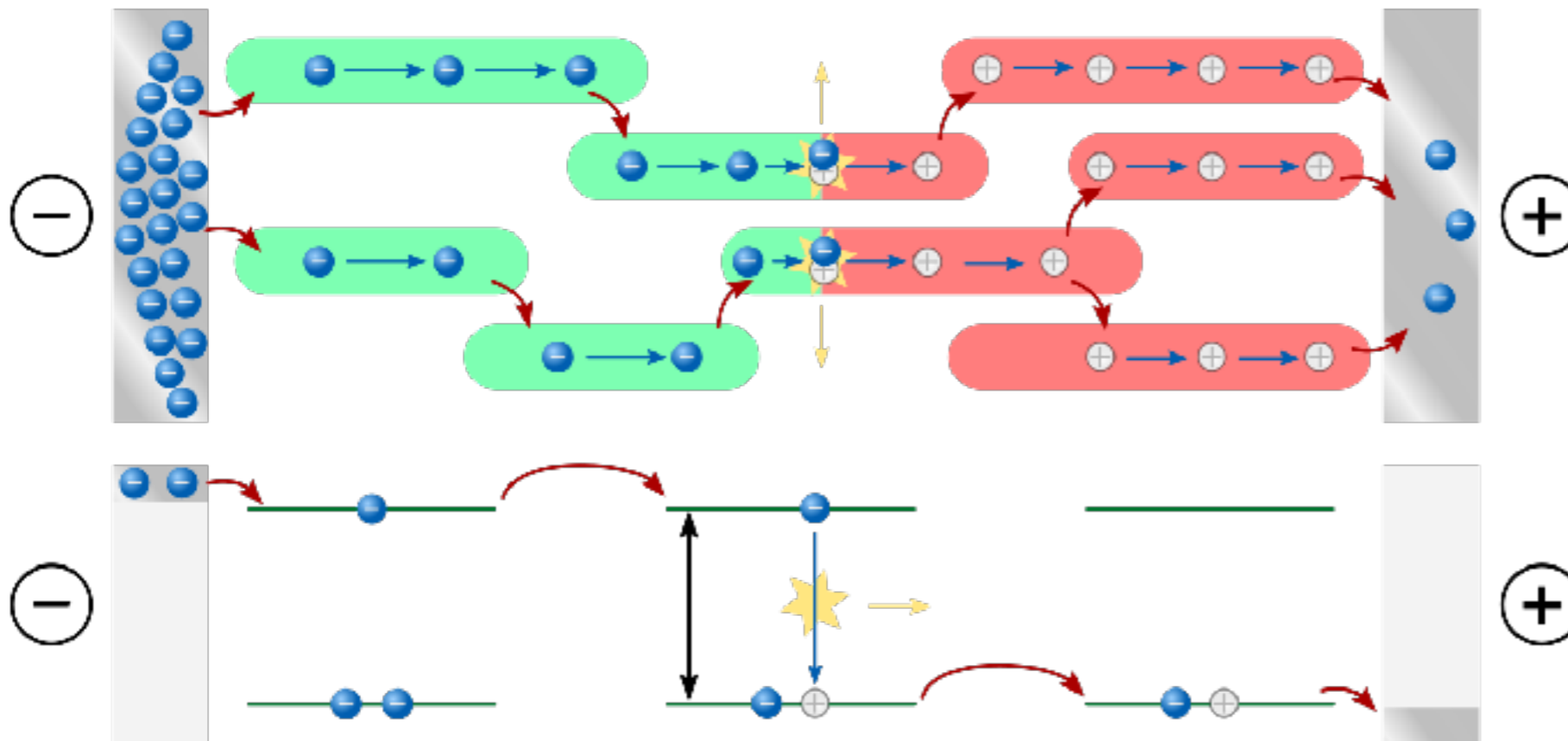


Abbildung 2: Die Elementarschritte der Elektrolumineszenz im Strukturmodell

Abbildung 3: Die Elementarschritte der Elektrolumineszenz im einfachen Energiestufenmodell

A 3.1

Die Effizienz einer OLED wird unter anderem durch Kurzschlüsse gesenkt oder dadurch, dass die Polymerschicht nicht so gut leitfähig ist für Elektronen wie für Löcher oder umgekehrt. Ist die Leitung von Elektronen und Löchern in einem Stoff gleichermaßen gut möglich kann man dies als ausgeglichene Ladungsträgerbalance bezeichnen.

Begründen Sie, welche Elementarschritte wegfallen, wenn es a) zu einem Kurzschluss oder b) zu einer unausgeglichene Ladungsträgerbalance kommt und wieso sich dies auf die Effizienz (Umsetzung von elektrischer Energie in Lichtenergie) der OLED auswirkt.



A 3.2

Tabelle 1 zeigt die Grundstrukturen einiger konjugierter Polymere, die unter anderem in OLEDs eingesetzt werden. Angegeben ist auch die entsprechende Bandlücke E_g - der energetische Abstand zwischen der Höchsten Besetzten Energiestufe HBE und der Niedrigsten Unbesetzten Energiestufe NUE in der Energieeinheit Elektronenvolt eV.

Berechnen Sie mithilfe der nebenstehenden Formel die entsprechende Wellenlänge der emittierten Strahlung und ordnen Sie dieser die passende Farbe aus dem Spektrum von Abbildung 4 zu.

$$\lambda = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{E_g}$$

Formel 1: Zusammenhang zwischen der Bandlücke E_g und der Wellenlänge λ

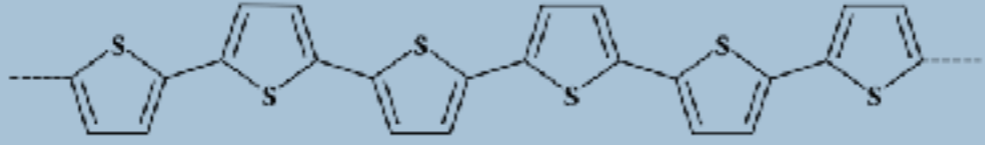
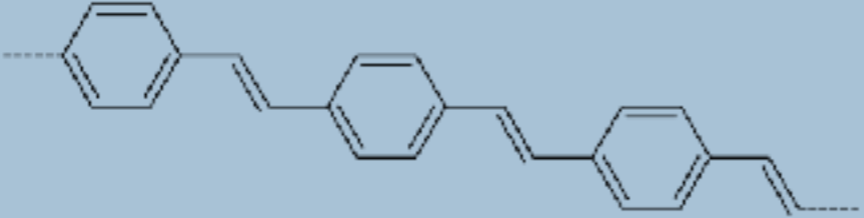
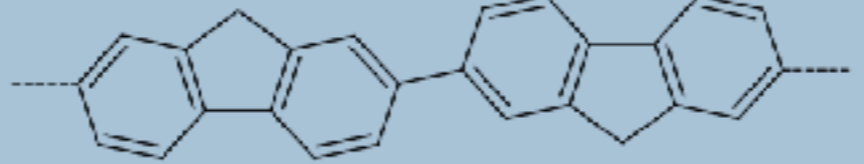
Polythiophen PT		$E_g = 1,8 \text{ eV}$
Poly(para-phenylen- vinylen) PPV PT		$E_g = 2,2 \text{ eV}$
Polyfluoren PF		$E_g = 3,0 \text{ eV}$

Tabelle 1: Grundstrukturen und Bandlücken einiger konjugierter Polymere für die Lichtemission.

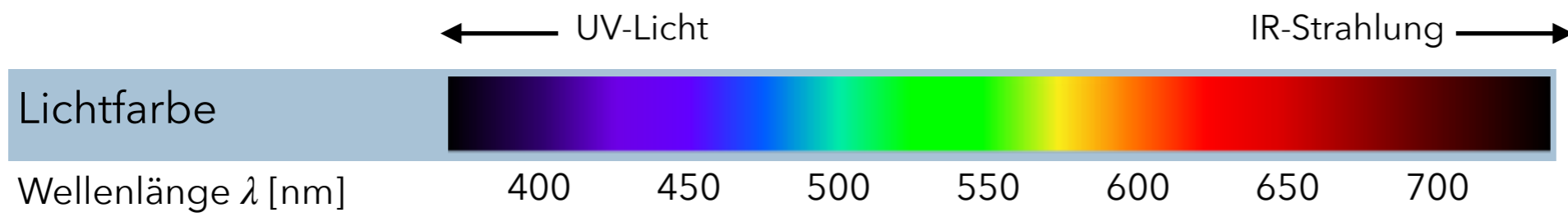
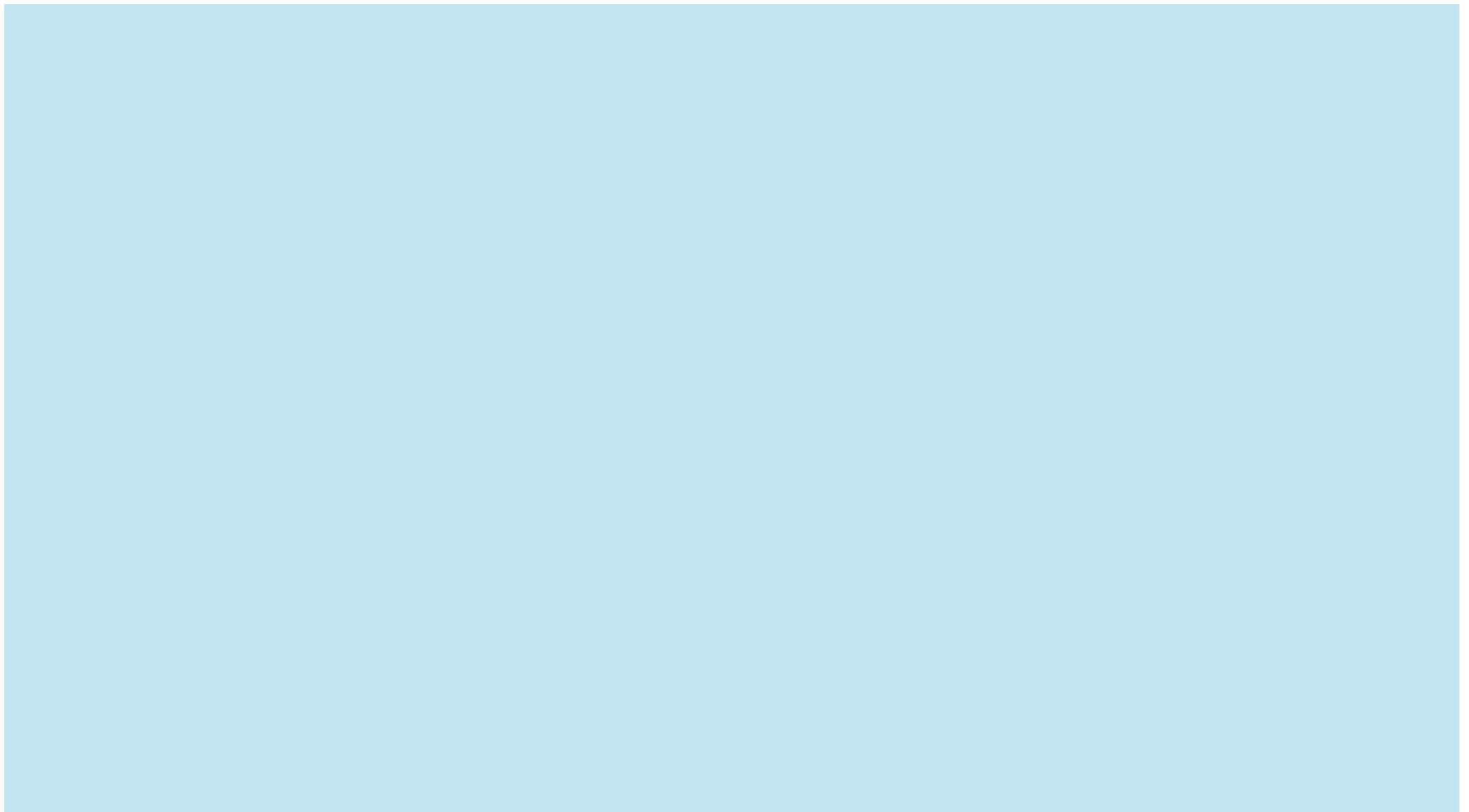


Abbildung 4: Korrelation zwischen wahrgenommener Lichtfarbe und Wellenlänge. Dargestellt ist der für das menschliche Auge wahrnehmbare sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung.



BLOCK 3

VORSTELLUNG DER ERGEBNISSE

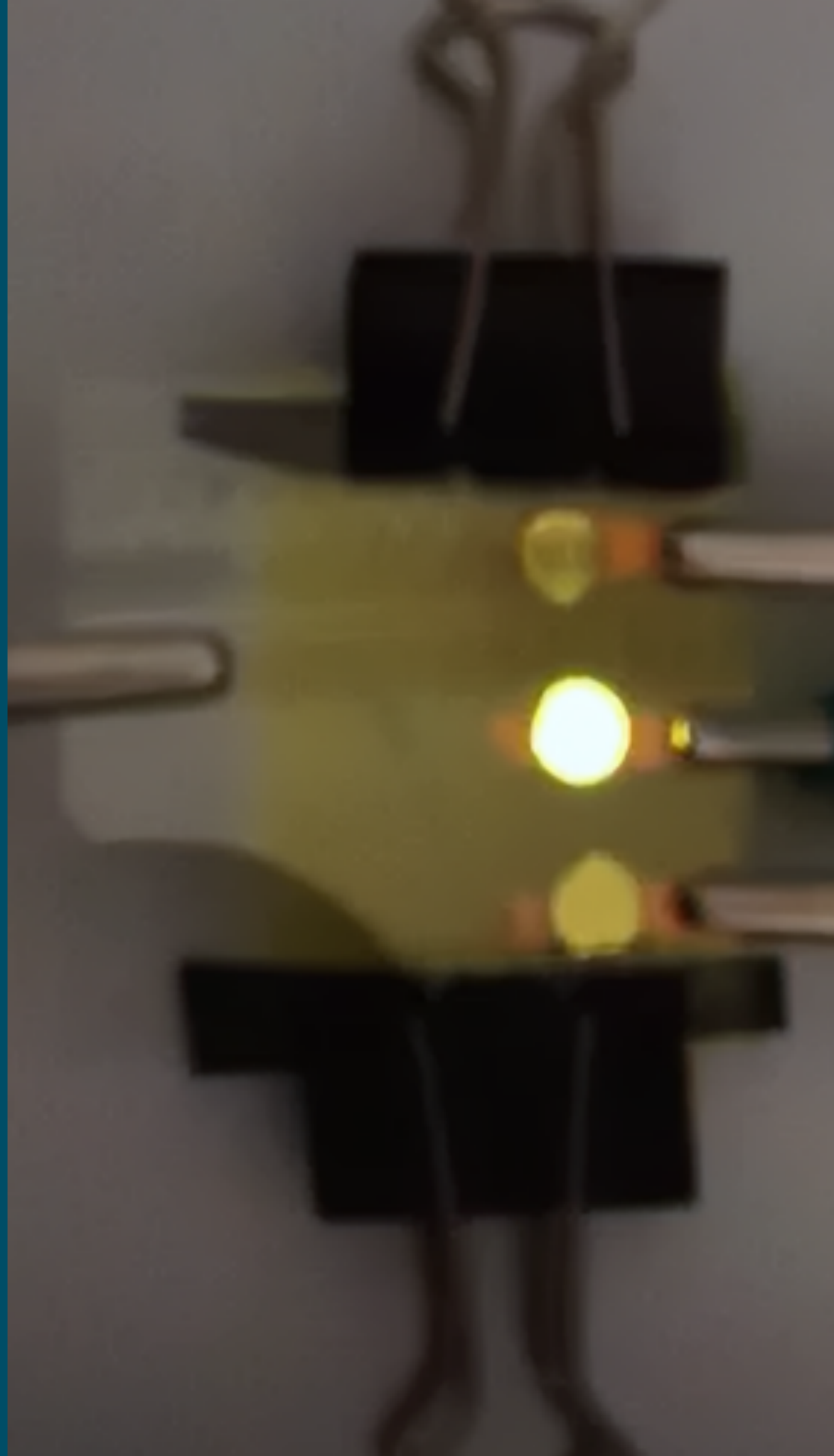
Sie haben nun alle Versuche durchgeführt. Im Folgenden finden Sie weitere Seiten, die Sie dazu nutzen sollen, um Ihren Mitschülerinnen und Mitschülern nicht nur Ihre Ergebnisse zu präsentieren, sondern auch die chemischen Inhalte „dahinter“ zu erläutern.

Sie können und sollen die Seiten ergänzen und anpassen. Wie Sie den Vortrag bzw. Die Präsentation gestaltet ist Ihnen überlassen. Ihr Betreuer kann Sie bei Fragestellungen und Schwierigkeiten unterstützen.

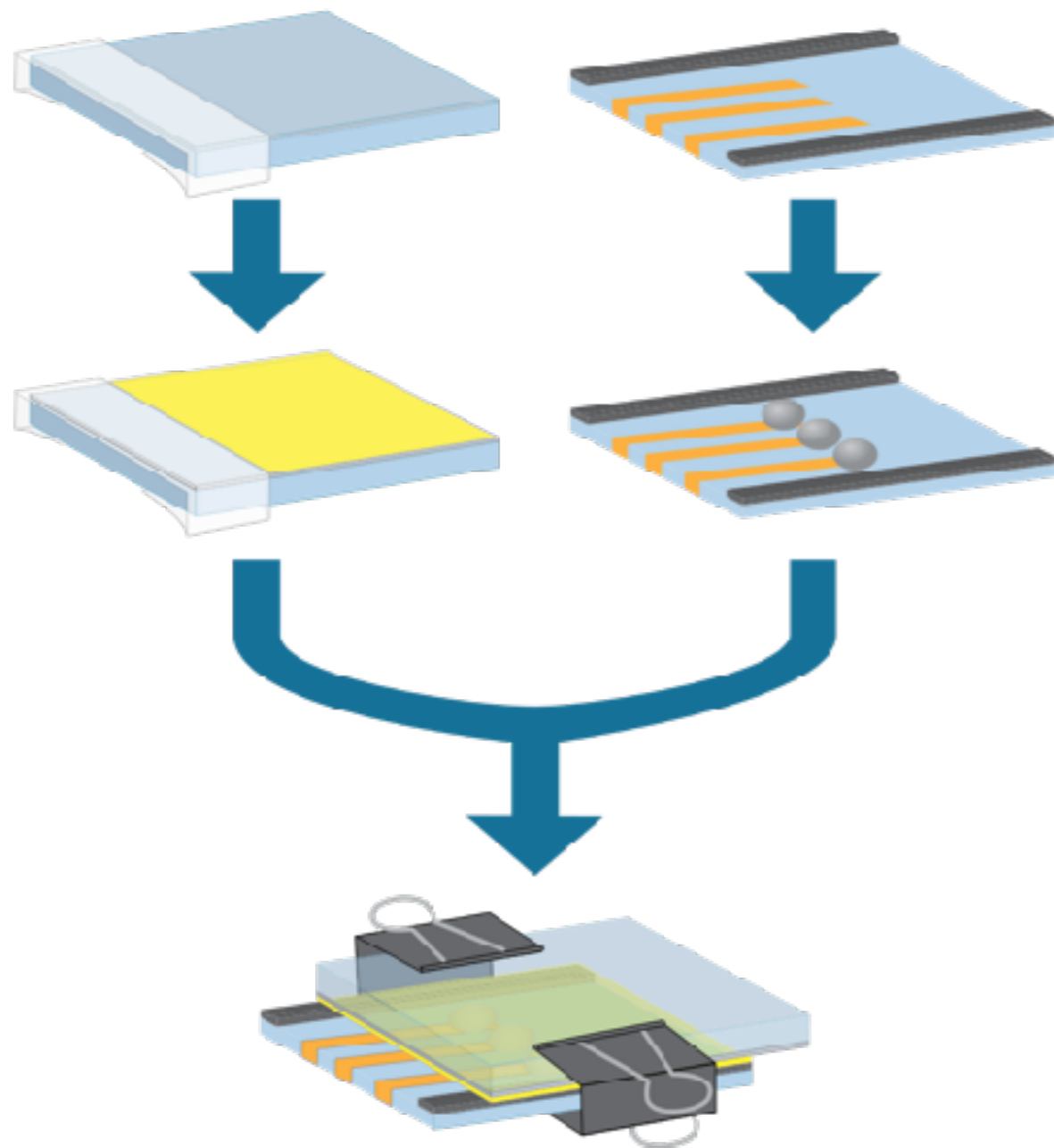
Chemie-Labothek

INTELLIGENTE KUNSTSTOFFE

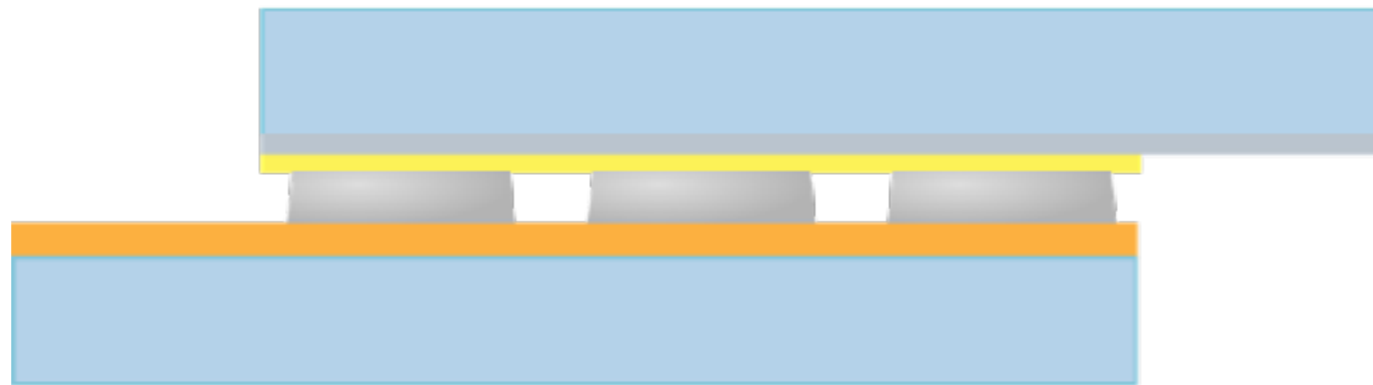
BLOCK 3
Halbleitende Polymere für OLEDs



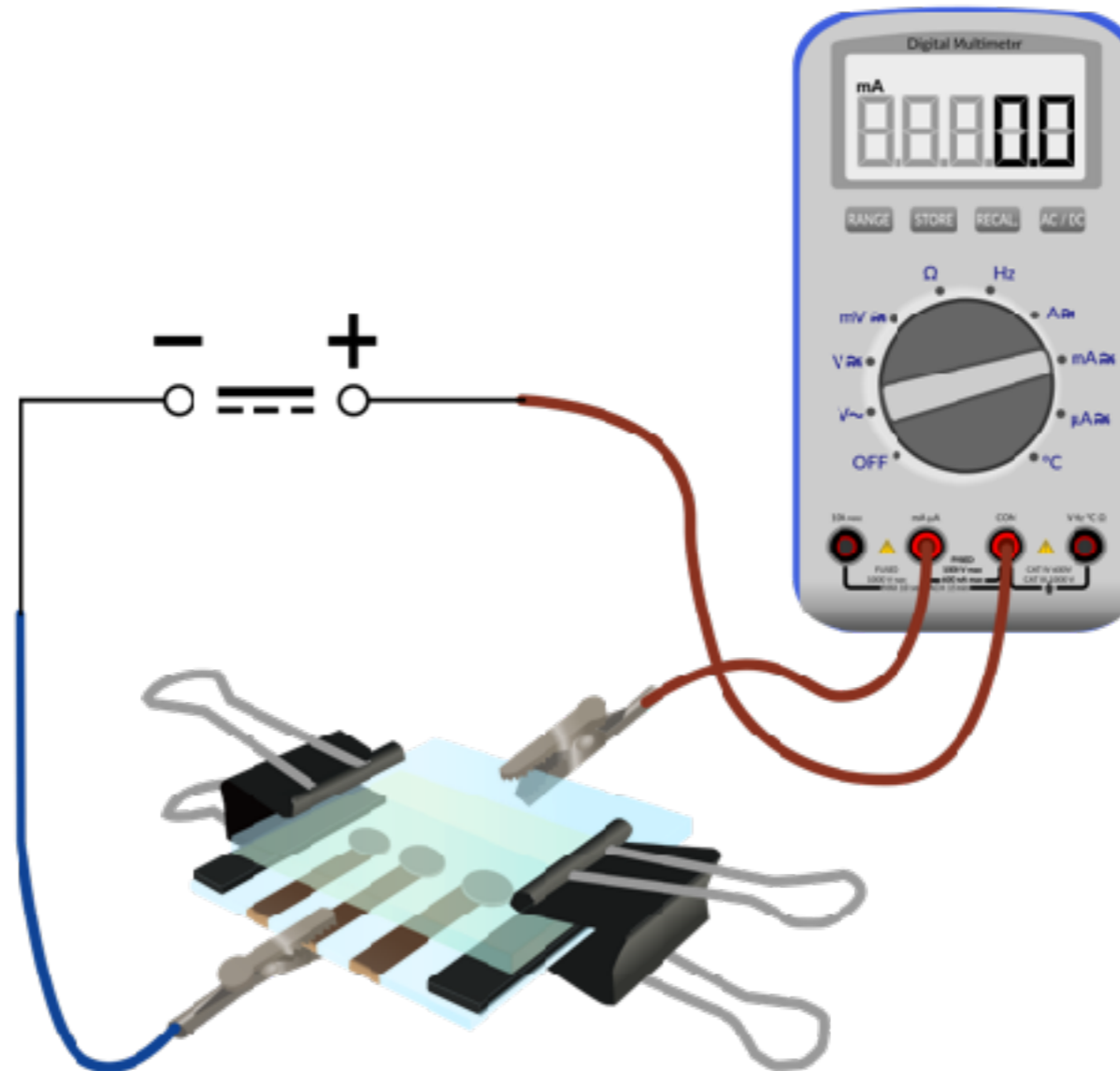
HERSTELLUNG EINER OLED



AUFBAU DER SELBSTBAU-OLED

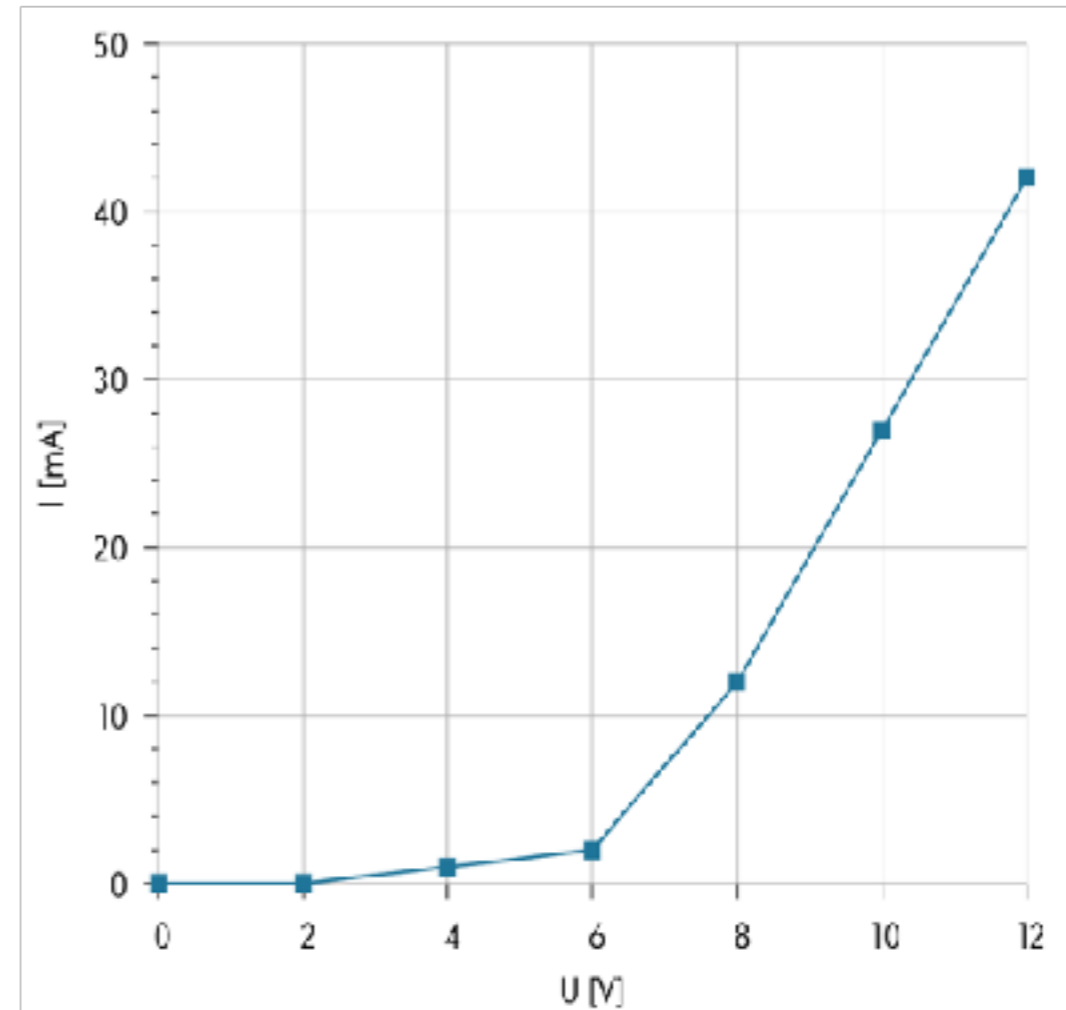


ANSCHLUSS DER SELBSTBAU-OLED

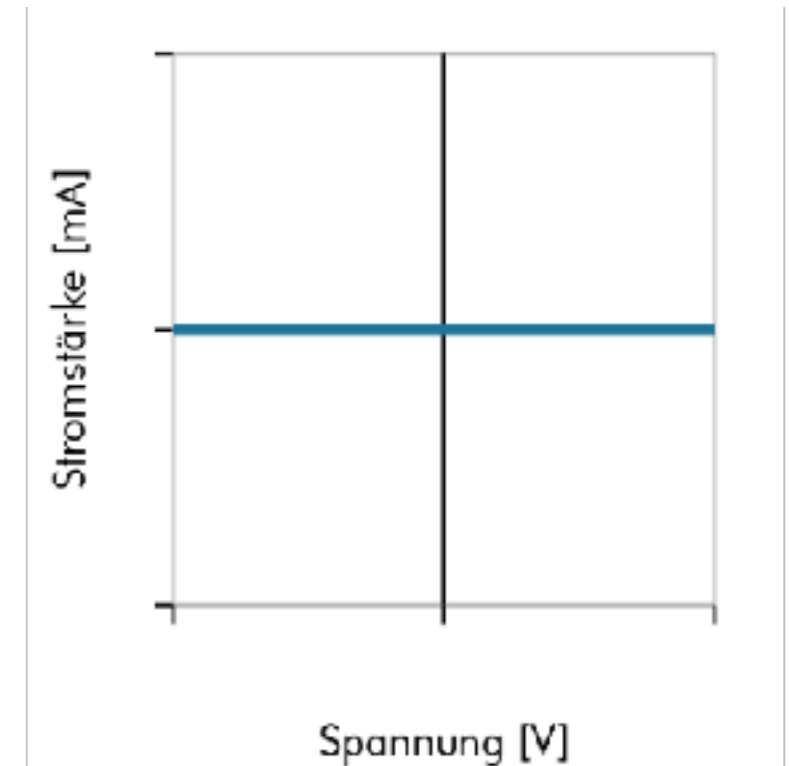
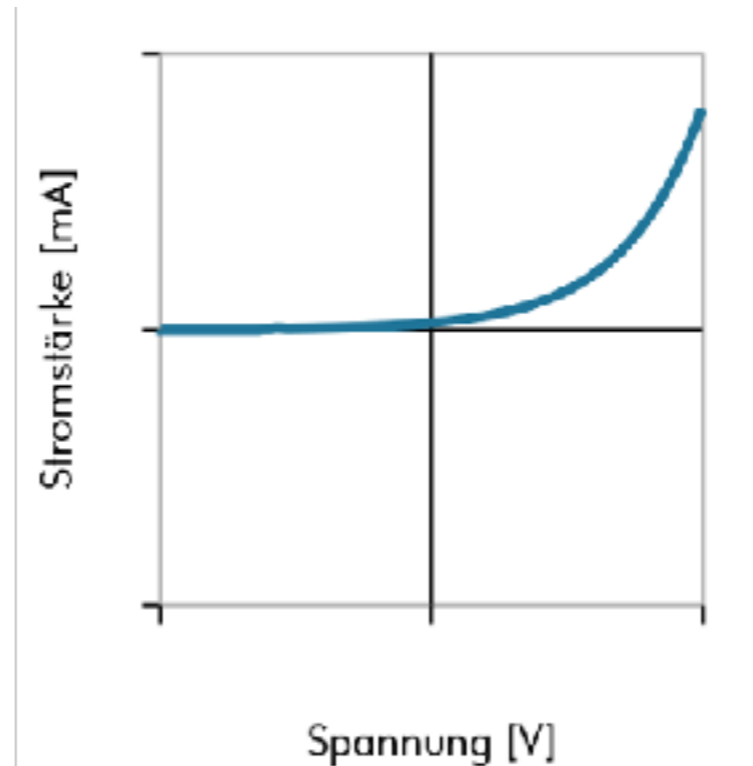
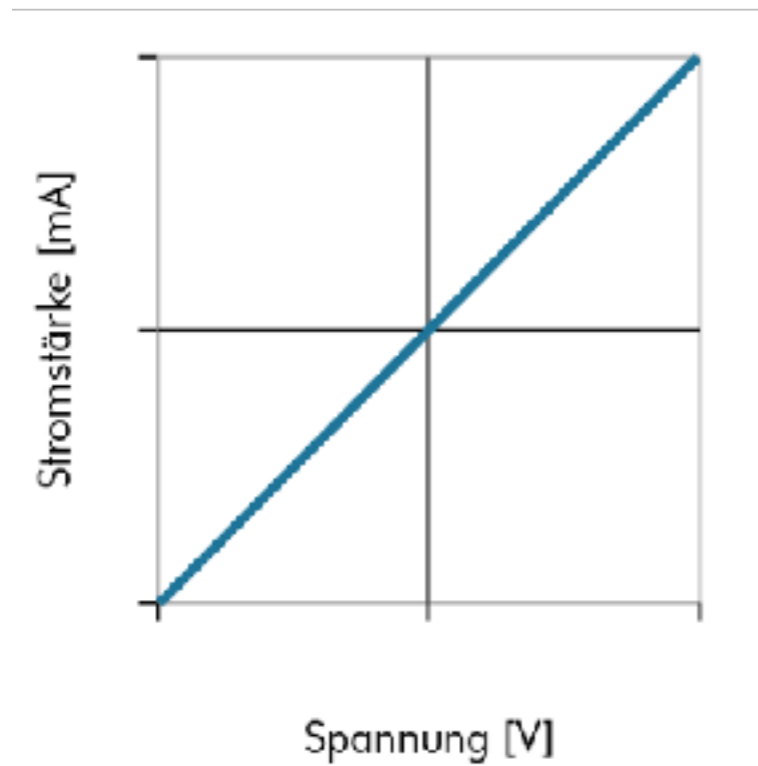


AUFNAHME EINER STROMSTÄRKE-SPANNUNGS-KURVE

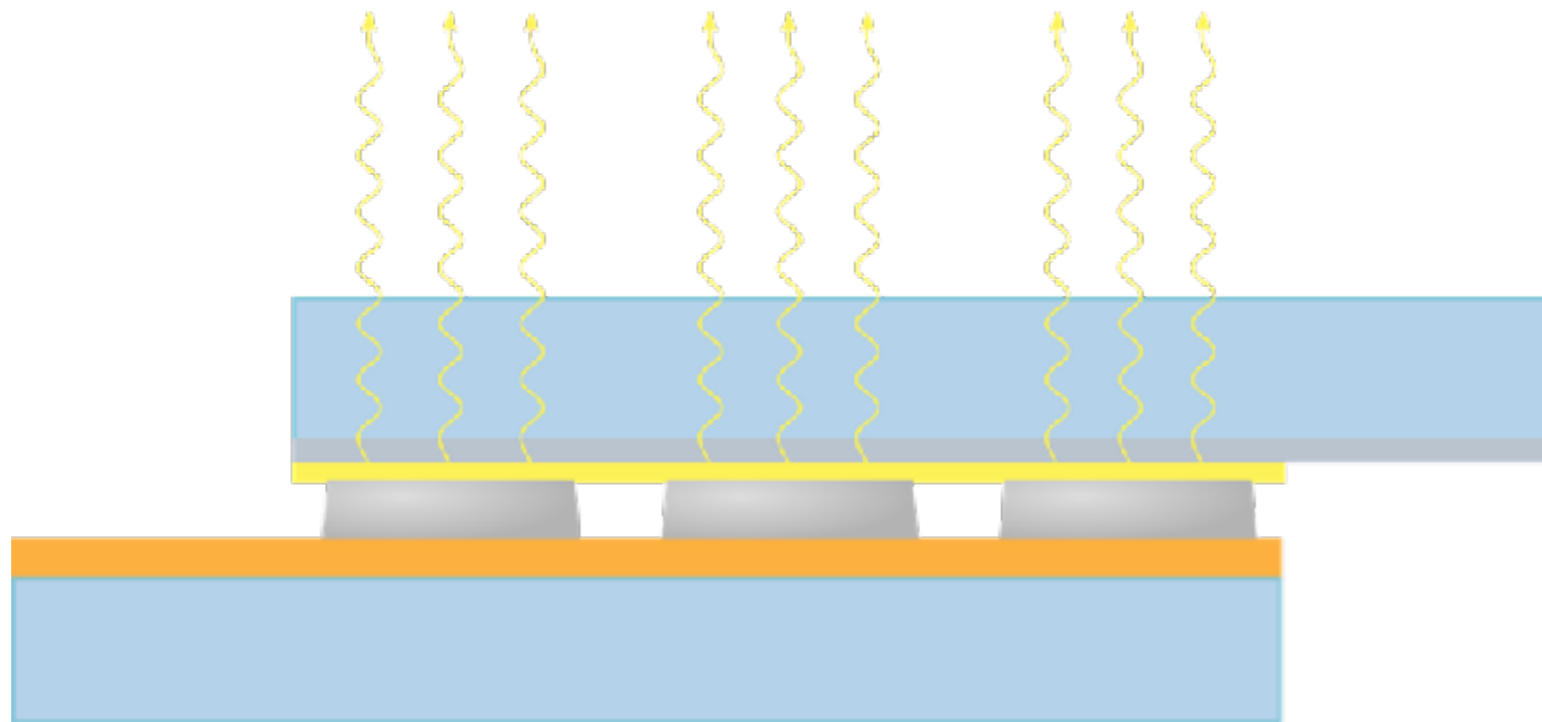
U [V]	I [mA]
0	0
2	0
4	1
6	2
8	12
10	27
12	42



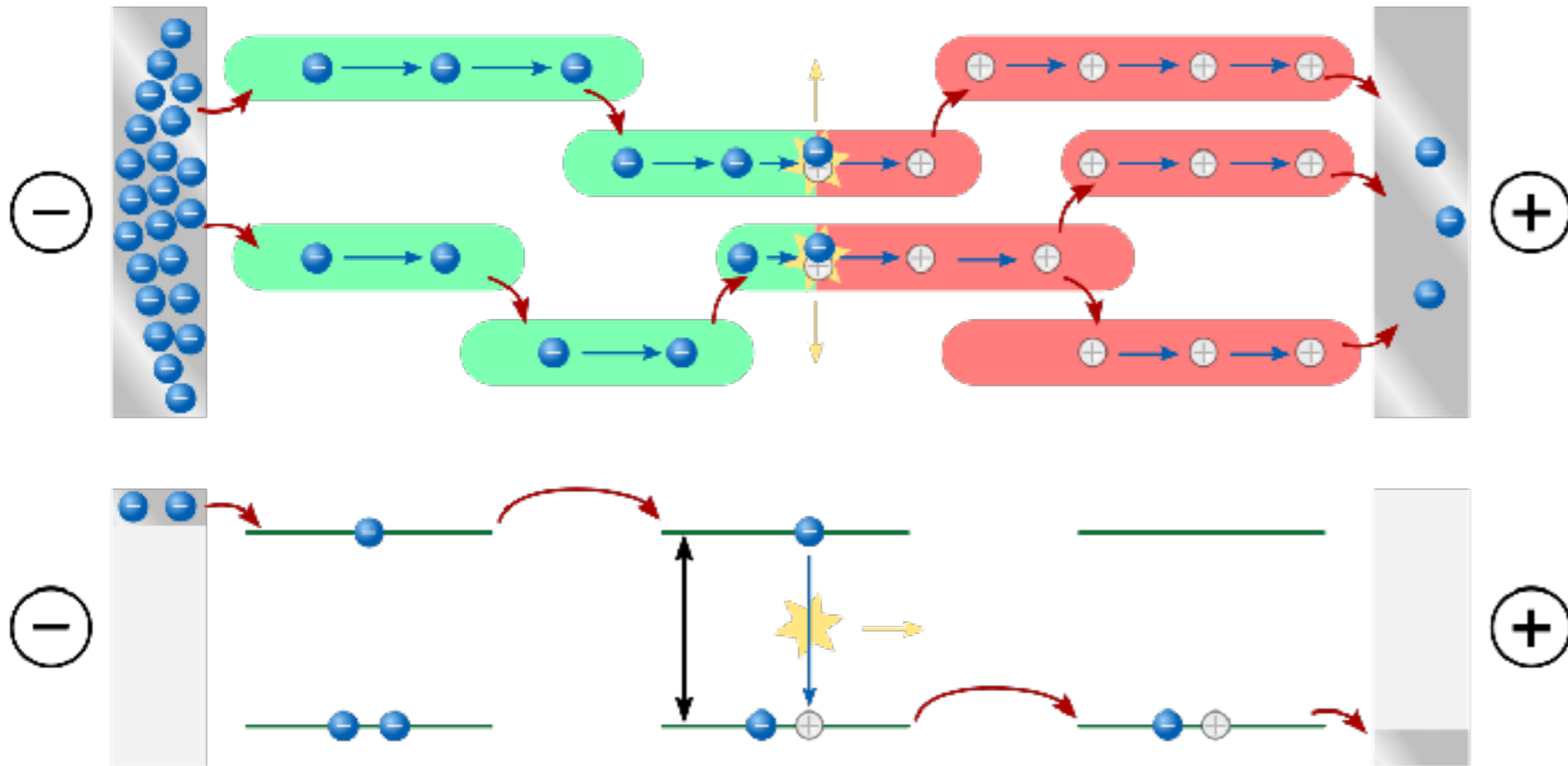
TYPISCHE STROMSTÄRKE-SPANNUNGS-KURVEN



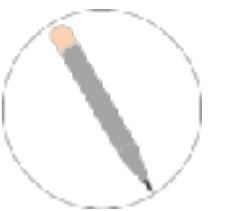
FUNKTIONSWEISE DER SELBSTBAU-OLED



ELEKTROLUMINESZENZ IN MODELLEN

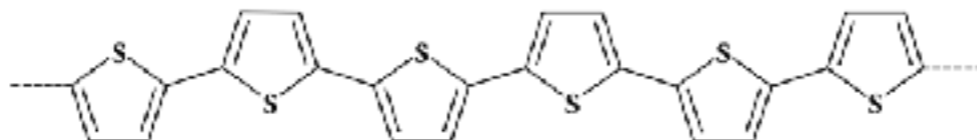


- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

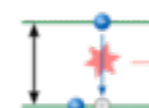


VERSCHIEDENE POLYMERE - VERSCHIEDENE FARBEN

Polythiophen PT

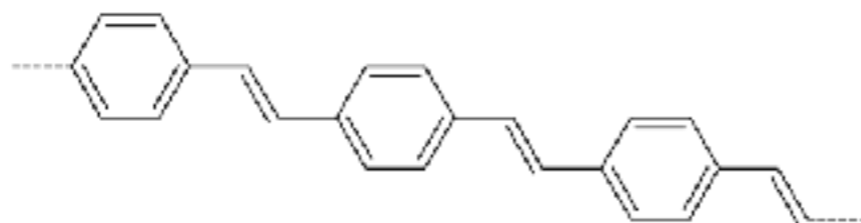


$$E_g = 1,8 \text{ eV}$$



$$\lambda \approx 690 \text{ nm}$$

Poly(para-phenylen-
vinylen) PPV PT

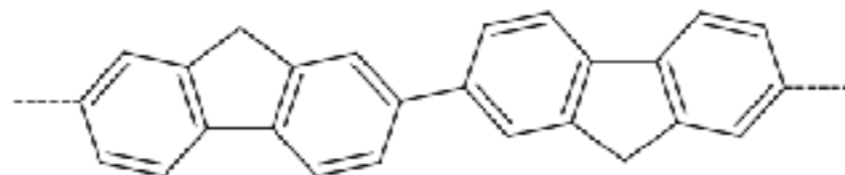


$$E_g = 2,2 \text{ eV}$$

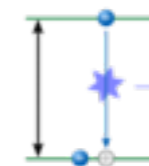


$$\lambda \approx 560 \text{ nm}$$

Polyfluoren PF



$$E_g = 3,0 \text{ eV}$$



$$\lambda \approx 410 \text{ nm}$$



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



DIDAKTIK
DER
CHEMIE