

Chemie-Laborothek

INTELLIGENTE KUNSTSTOFFE

BLOCK 2
Elektrisch leitfähige Polymere



BLOCK 2

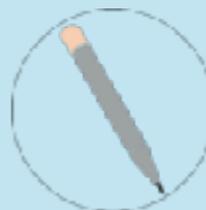
ANLEITUNG & HINWEISE

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).

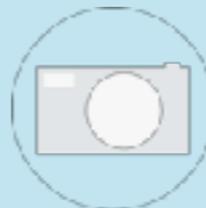
Zwischendurch werden Sie diverse Symbole und Piktogramme erkennen.



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.



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

Elektrisch leitfähige Polymere

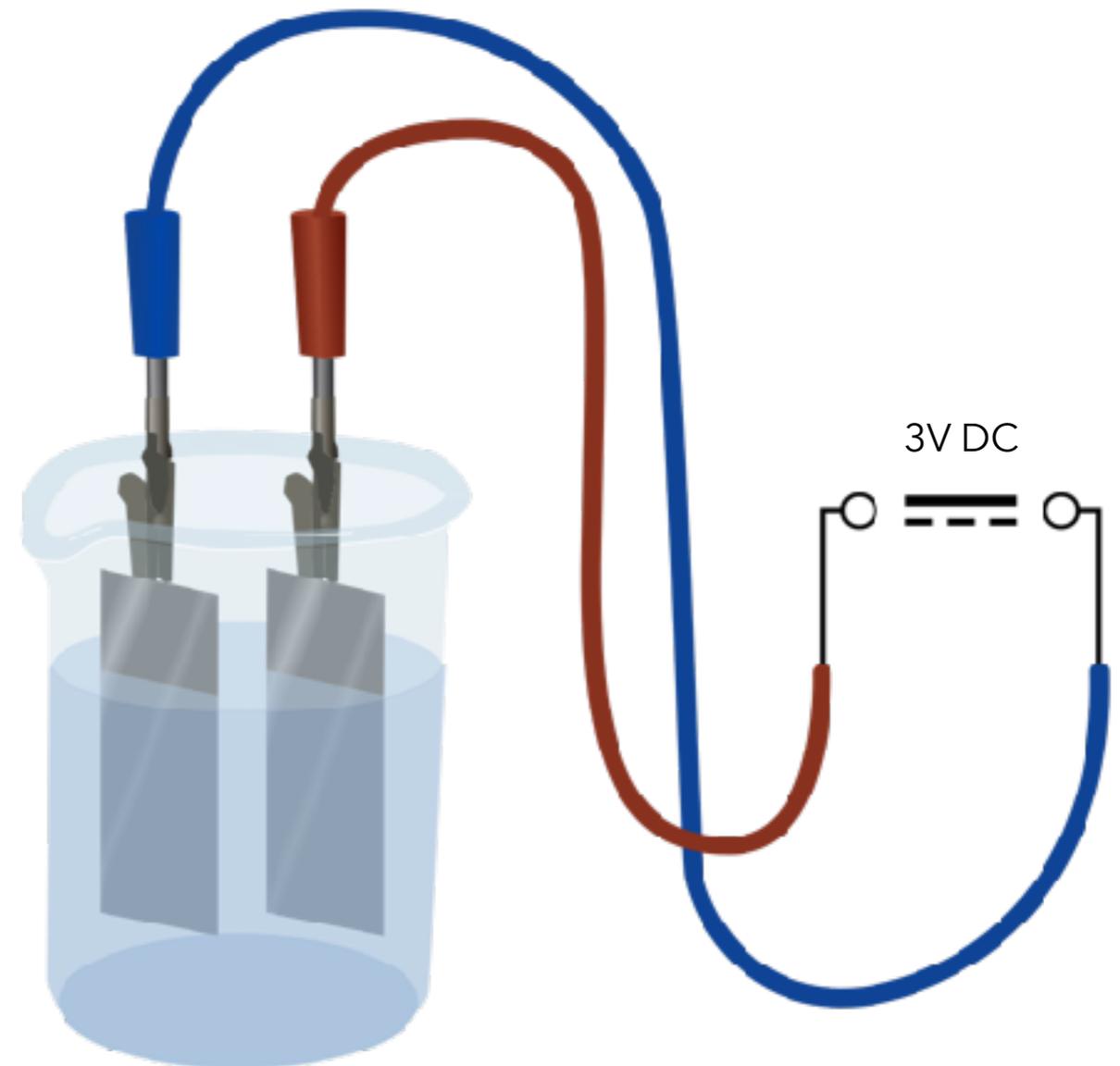
Arbeitsmaterialien

200-mL-Becherglas, 2 Edelstahlelektroden, 2 Kabel, 2 Krokodilklemmen, Spannungsquelle, Spatel, Glasstab, Pipette, Waage, pH-Indikatorpapier

Chemikalien

Natriumlaurylsulfat, Pyrrol, dest. Wasser

Versuchsskizze



V 1.1



ABZUG

Im Becherglas wird eine Lösung aus ca. 120 mL dest. Wasser und ca. 2 g Natrium-laurylsulfat hergestellt. Im Abzug wird vom Betreuer mit einer Pipette 1 mL Pyrrol in die Lösung gegeben und durch Rühren mit dem Glasstab gelöst.

Zwei Edelstahl-Elektroden werden mithilfe von Krokodilklemmen und Kabeln mit der Gleichspannungsquelle verbunden. Die Elektroden werden mit einem Abstand von 2-3 cm so in die Lösung getaucht, dass die Krokodilklemmen nicht in die Lösung eintauchen. Die Elektroden sollten möglichst parallel ausgerichtet sein.

Die Spannungsquelle wird auf 3 V eingestellt und es wird für ca. 30 Minuten elektrolysiert.

Die Elektroden werden in den ersten 5 - 10 Minuten der Elektrolyse beobachtet und die Beobachtungen werden notiert.

V 1.2



Nach den ersten 5 - 10 Minuten wird der pH-Wert im Bereich der Kathode und im Bereich der Anode jeweils mithilfe eines pH-Indikatorpapiers bestimmt.

Anode
(+ Pol)

Kathode
(- Pol)

Auswertung

Bei V1 findet an der Anode die Polymerisation von Pyrrol statt. In Abbildung 1 ist der vereinfachte Mechanismus dargestellt.

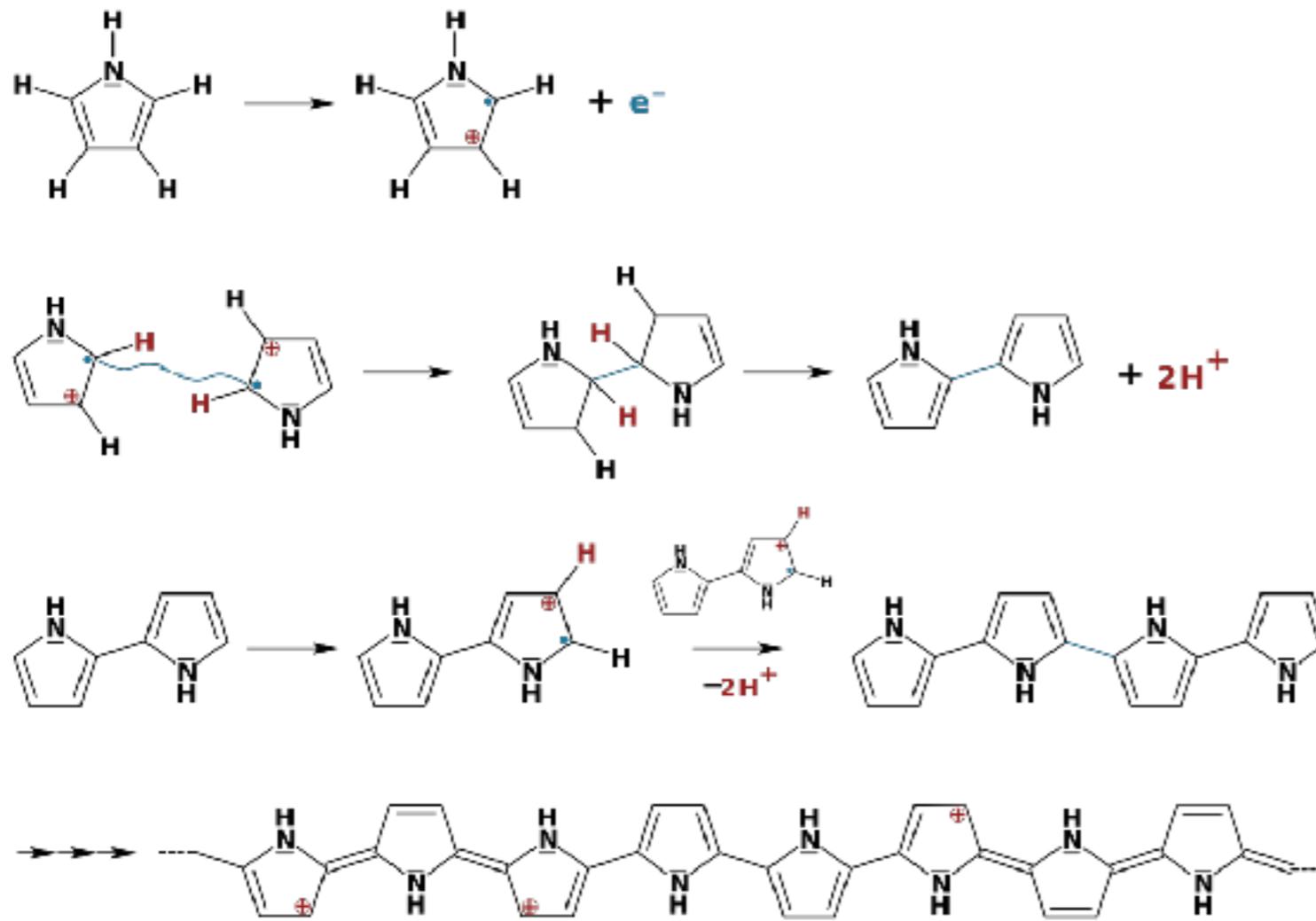


Abbildung 1: Vereinfachter Mechanismus der anodischen Polymerisation von Pyrrol

A 1.1

Formulieren Sie mithilfe Ihrer Beobachtungen aus V1 die Reaktion, die an der Kathode abläuft.



A 1.2

Betrachten Sie Abbildung 2 (nächste Seite). Formulieren Sie anhand des Beispiels zu Polyethylen PE (ganz oben) die Strukturelemente der weiteren abgebildeten Polymermoleküle.



A 1.3

Markieren Sie in den Polymeren das konjugierte Doppelbindungssystem.

Hinweis: Als konjugierte Doppelbindungen bezeichnet man die wechselnde Abfolge von Einfach- und Doppelbindungen.

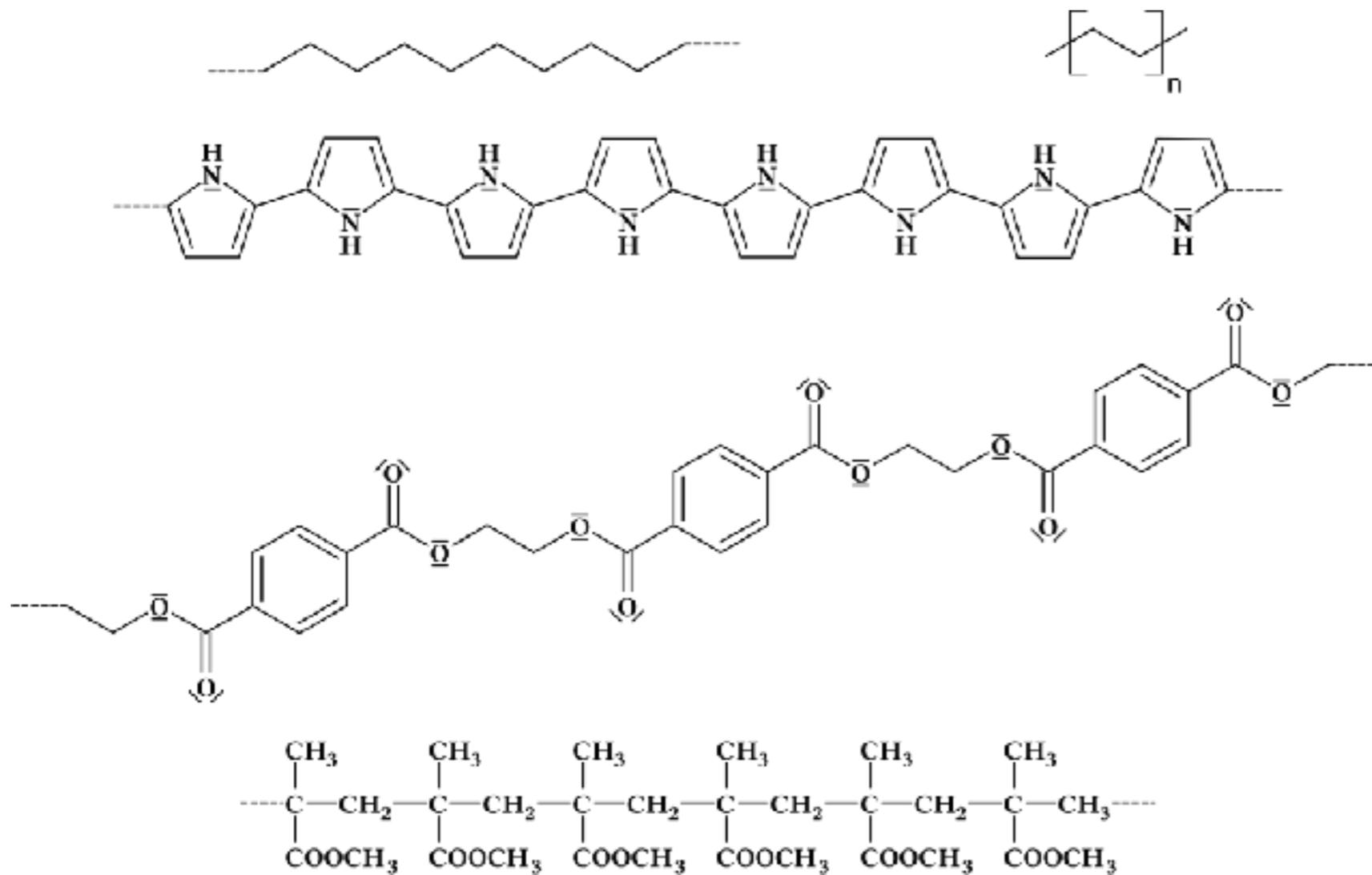


Abbildung 2: Ausschnitte aus den Strukturformeln der Polymermoleküle Polyethylen PE, Polypyrrol, Polyethylenterephthalat PET und Polymethylmethacrylat PMMA.

Für PE ist zusätzlich die verkürzte Schreibweise als sich wiederholendes Strukturelement dargestellt.

Elektrisch leitfähige Polymere

Arbeitsmaterialien

Rasierklinge, Fön, Objektträger,
Krokodilklemmen, Kabel, Multimeter, 4,5V-
Flachbatterie, Spannungsquelle, LED

Chemikalien

Polypyrrol-Folie aus V1, dest. Wasser

Versuchsdurchführung

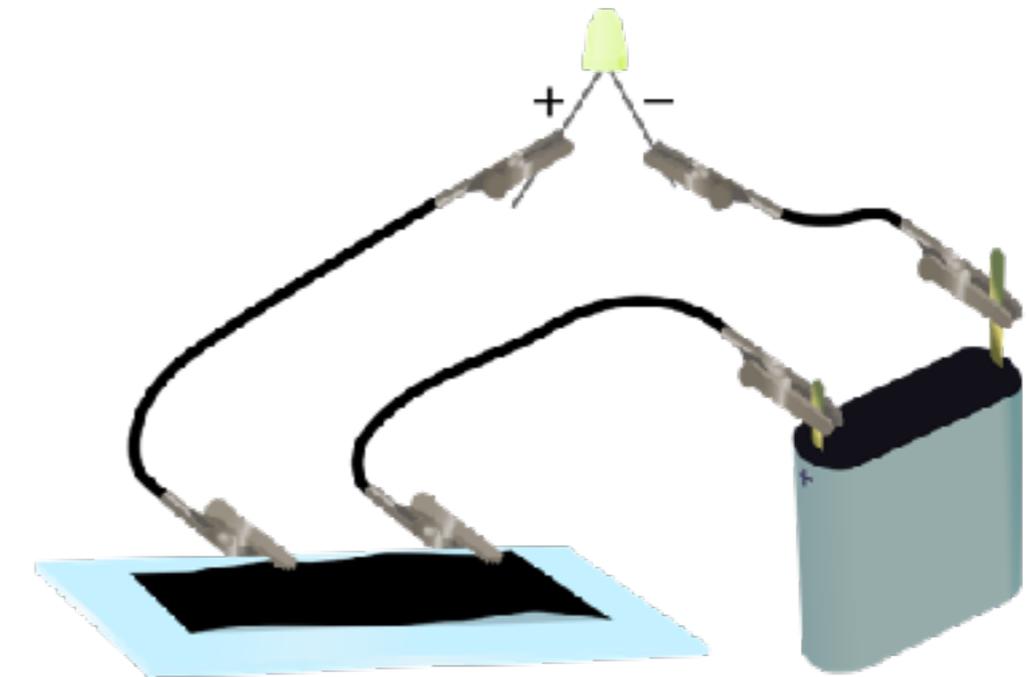
V 2.1



ABZUG

Die Spannungsquelle wird nach 30 Minuten ausgeschaltet und die Elektrode mit der schwarzen Schicht wird abgeklemmt. Die Elektrode wird vorsichtig mit dest. Wasser abgespült und mit dem Fön getrocknet.

Die schwarze Schicht wird vorsichtig von der Elektrode gelöst, indem sie mit einer Rasierklinge in einem flachen Winkel abgetragen wird.



V 2.2

Die Polypyrrolfolie wird vorsichtig auf einen Objektträger gelegt und mit zwei Krokodilklemmen fixiert. Es wird darauf geachtet, dass sich die Klemmen nicht berühren. Es wird ein Stromkreis aus einer Spannungsquelle, einer LED und der Folie aufgebaut (vgl. Versuchsskizze).

Hinweis: Achten Sie auf die Polung der LED: Das längere Bein oder die Stelle mit der Rundung wird an den Plus-Pol, das kürzere Bein oder die Stelle mit der flachen Einkerbung wird an den Minuspol angeschlossen.

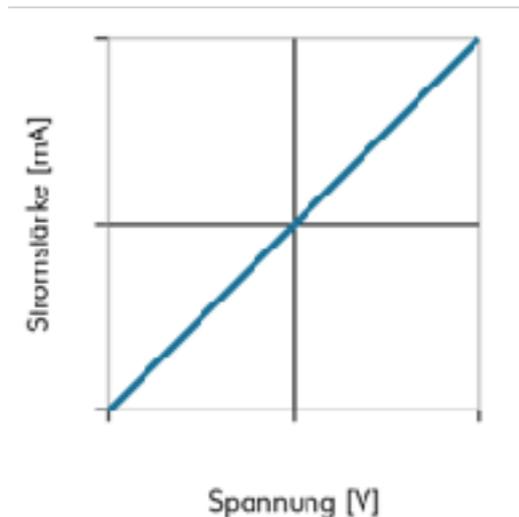
V 2.3

Die LED wird aus dem Stromkreis entfernt und ein Multimeter zur Messung der Stromstärke wird an deren Stelle platziert. Die Batterie wird durch eine regulierbare Gleichstromquelle ausgetauscht.

Die Spannung wird in 1-V-Schritten von 0 V bis auf 6 V reguliert und es wird jeweils die Stromstärke I notiert, die von dem Multimeter gemessen wird. Die Messung wird abgebrochen, falls die Stromstärke über 400 mA steigt.

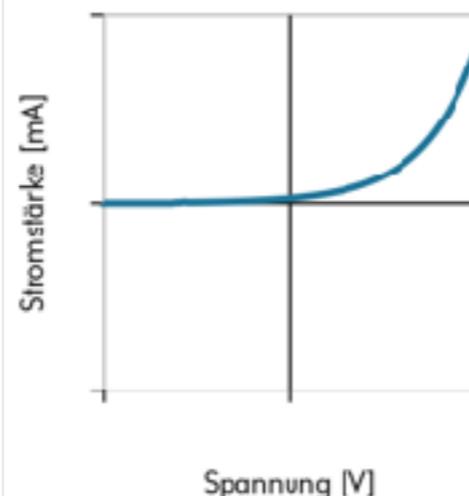
Tragen Sie Ihre Messwerte in das Diagramm auf der nächsten Seite ein, um eine Stromstärke-Spannungs-Kennlinie zu erhalten.

A 2.1 In Abbildung 3 sind verschiedene Stromstärke-Spannungs-Kennlinien für drei Leitertypen dargestellt. Ordnen Sie Polypyrrol anhand Ihrer in V 2.3 aufgenommenen Daten einem dieser Leitertypen zu.



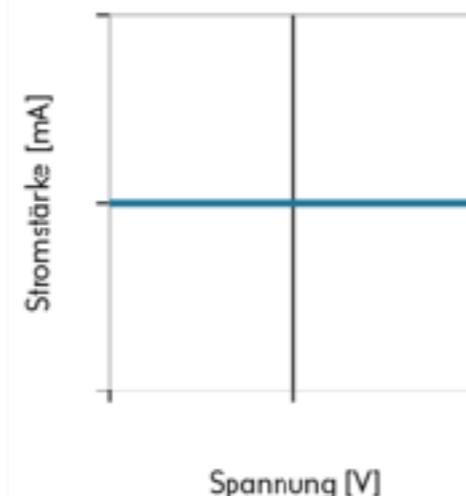
Leiter

linearer Zusammenhang



Diode

*Exponentieller
Zusammenhang*



Isolator

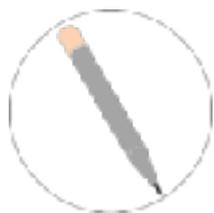
Kein Zusammenhang

Abbildung 3: Stromstärke-Spannungs-Kennlinien für einen Leiter, eine Diode, und einen Isolator.

Die Stromstärke, die durch einen Leiter fließt, ist direkt proportional zur Spannung.

Bei einer Diode fließt der Strom nur in eine Richtung, daher wirkt diese bei falscher Polung als Isolator.

In einem Isolator kann, egal bei welcher Spannung, kein Stromfluss festgestellt werden.



A 2.2

In Abbildung 4 (nächste Seite) sind verschiedene Molekülausschnitte dargestellt. Lesen Sie sich die Beschreibungen durch und ordnen Sie anschließend die Modelle den folgenden Kunststoffen aus Abbildung 2 zu:



Polypyrrol

Polyethylenterephthalat PET

Polymethylmethacrylat PMMA

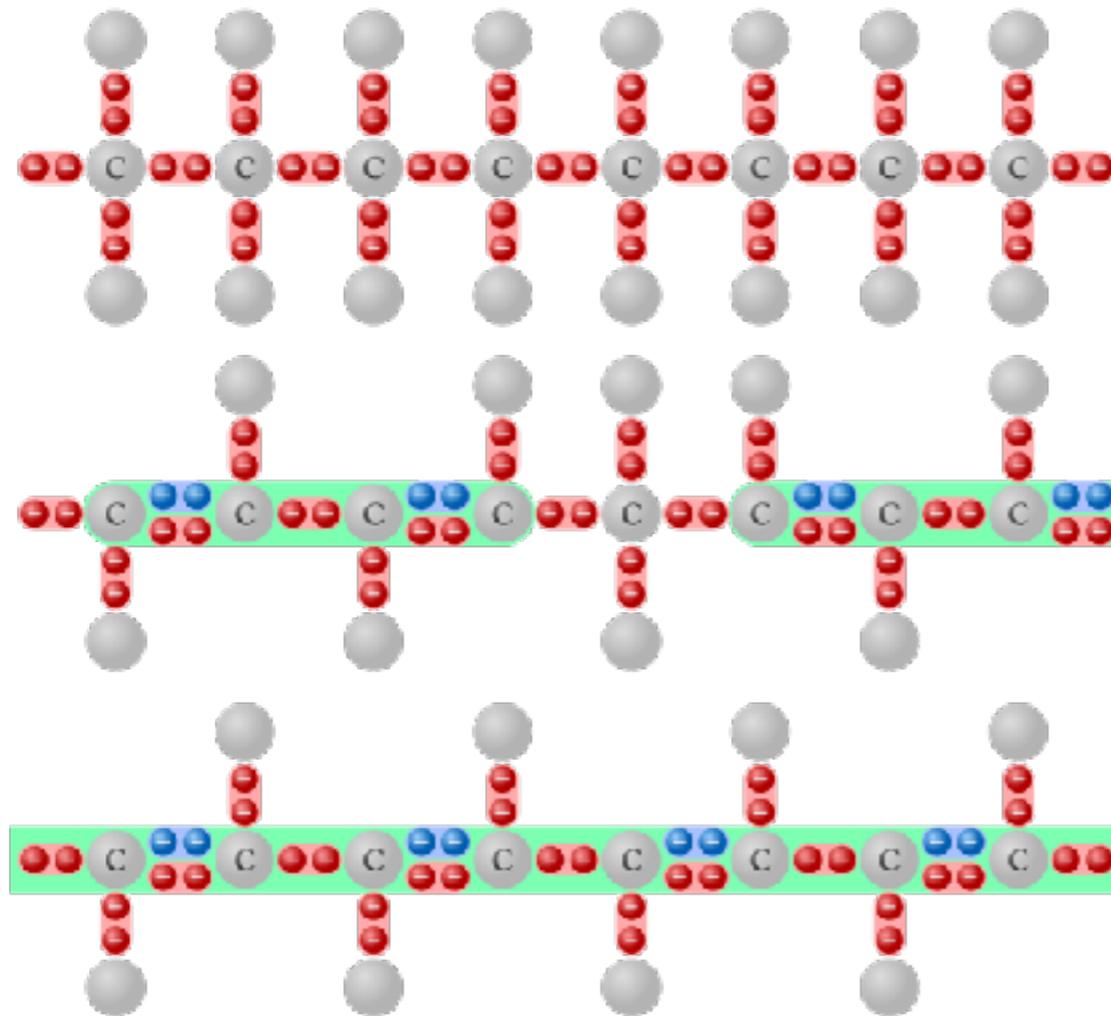


Abbildung 4: Vereinfachte Modelle von Ausschnitten von Polymeren.

Oben: nicht konjugiert.

In Polymer-Molekülen ohne konjugierte Doppelbindungen sind alle Elektronen lokalisiert. Diese Moleküle sind nicht dazu in der Lage, elektrische Ladungen zu transportieren.

Mitte: teilkonjugiert.

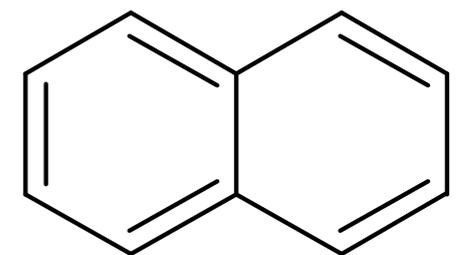
In teilkonjugierten Polymer-Molekülen sind Doppelbindungselektronen lediglich über die konjugierten Abschnitte delokalisiert. Solche Moleküle zeigen eine so gut wie nicht messbare elektrische Leitfähigkeit.

Unten: durchkonjugiert. Durchkonjugierte Polymer-Moleküle sind intrinsisch leitfähig, da hier Doppelbindungselektronen ähnlich wie ein Elektronengas über das gesamte Molekül hinweg delokalisiert sind.

-  Lokalisiertes Elektron
-  Delokalisiertes Elektron
-  Bereich der Delokalisation

A 2.3

Das Naphthalin-Molekül (Struktur rechts) ist über die gesamte Moleküllänge durchkonjugiert. Stellen Sie mithilfe der Informationen aus Abbildung 5 eine Vermutung darüber auf, ob Naphthalin elektrischen Strom besser oder schlechter leitet als Polypyrrol.



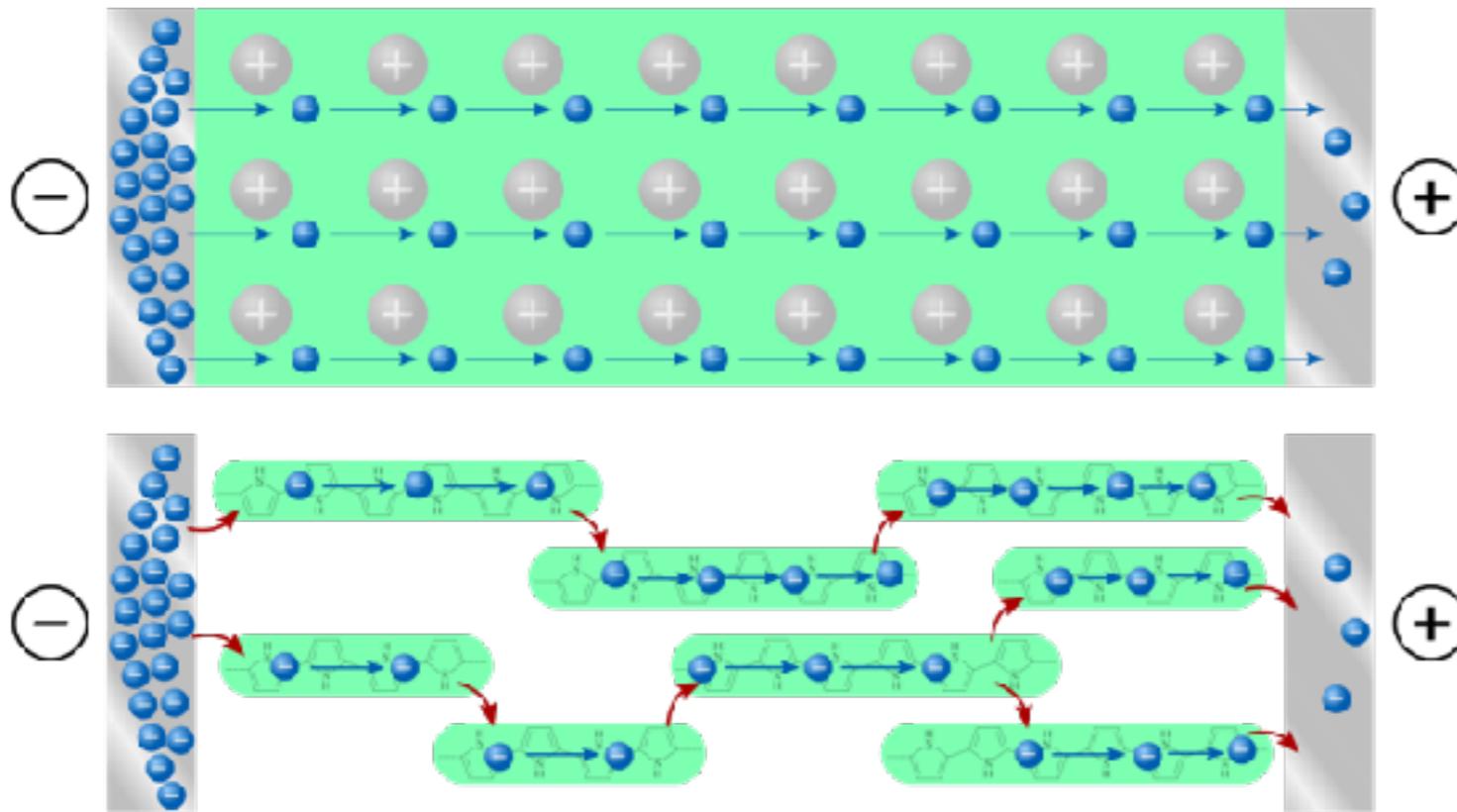


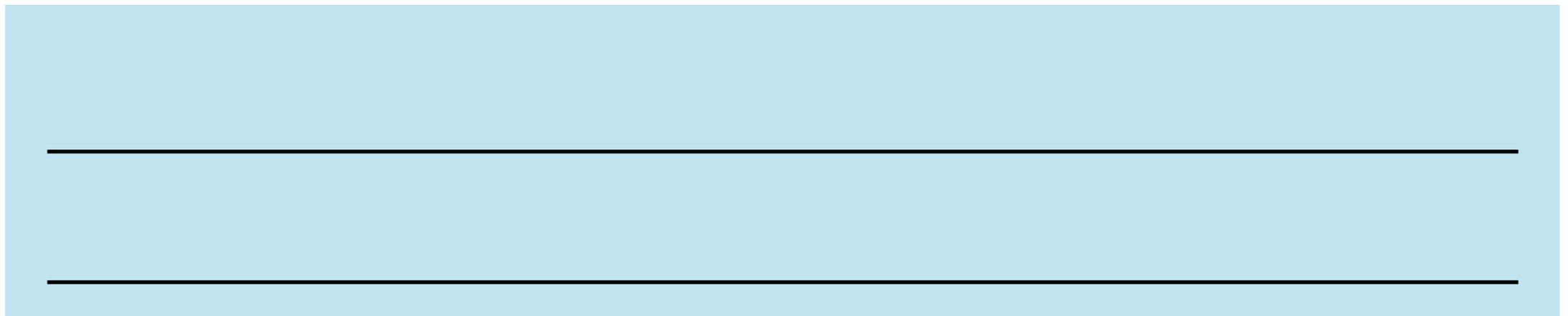
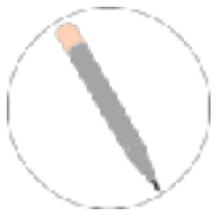
Abbildung 5: Modelle des Stromflusses in Metallen und leitenden Polymeren.

Oben: Metall.

Zwischen den positiv geladenen Atomrümpfen können sich die Elektronen frei durch die gesamte Stoffportion bewegen. Dies ist der Bereich der Delokalisation und grün dargestellt.

Unten: leitendes Polymer.

Nur innerhalb der Moleküle sind die Elektronen delokalisiert. Zwischen den Molekülen müssen die Elektronen über Hüpfprozesse (rote Pfeile) von einem Molekül auf ein anderes "springen". Dies stellt eine hohe Energiebarriere dar. Daher ist die Leitfähigkeit umso schlechter, je mehr Hüpfprozesse zwischen Plus- und Minus-Pol erforderlich sind.



BLOCK 2

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.

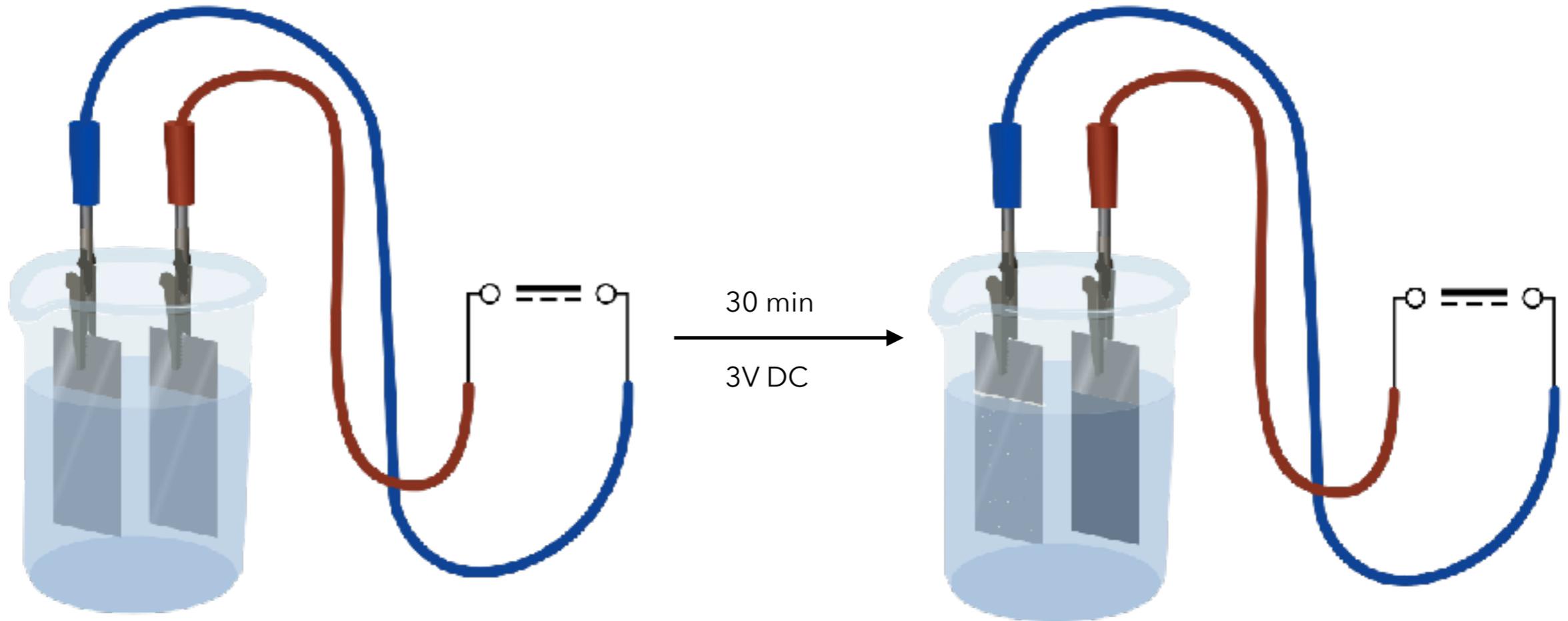
Chemie-Laborothek

INTELLIGENTE KUNSTSTOFFE

BLOCK 2
Elektrisch leitfähige Polymere



HERSTELLUNG EINER POLYPYRROLFOLIE



wässrige Natriumlaurysulfat-
Lösung mit 1 mL Pyrrol

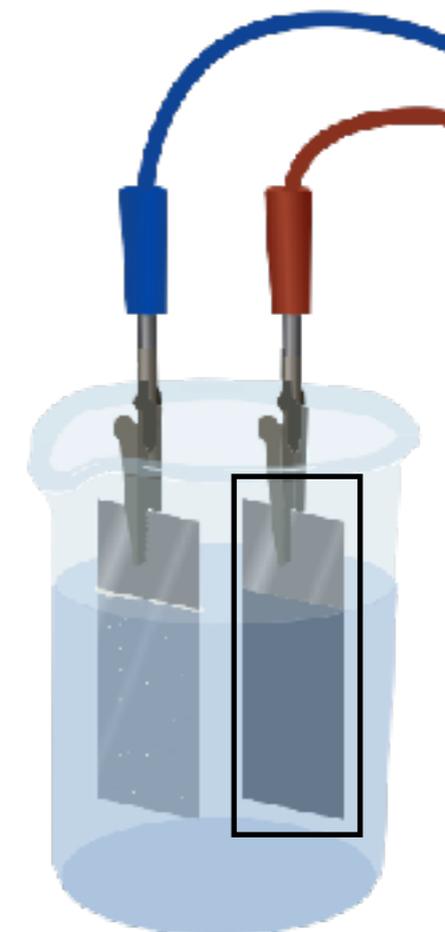
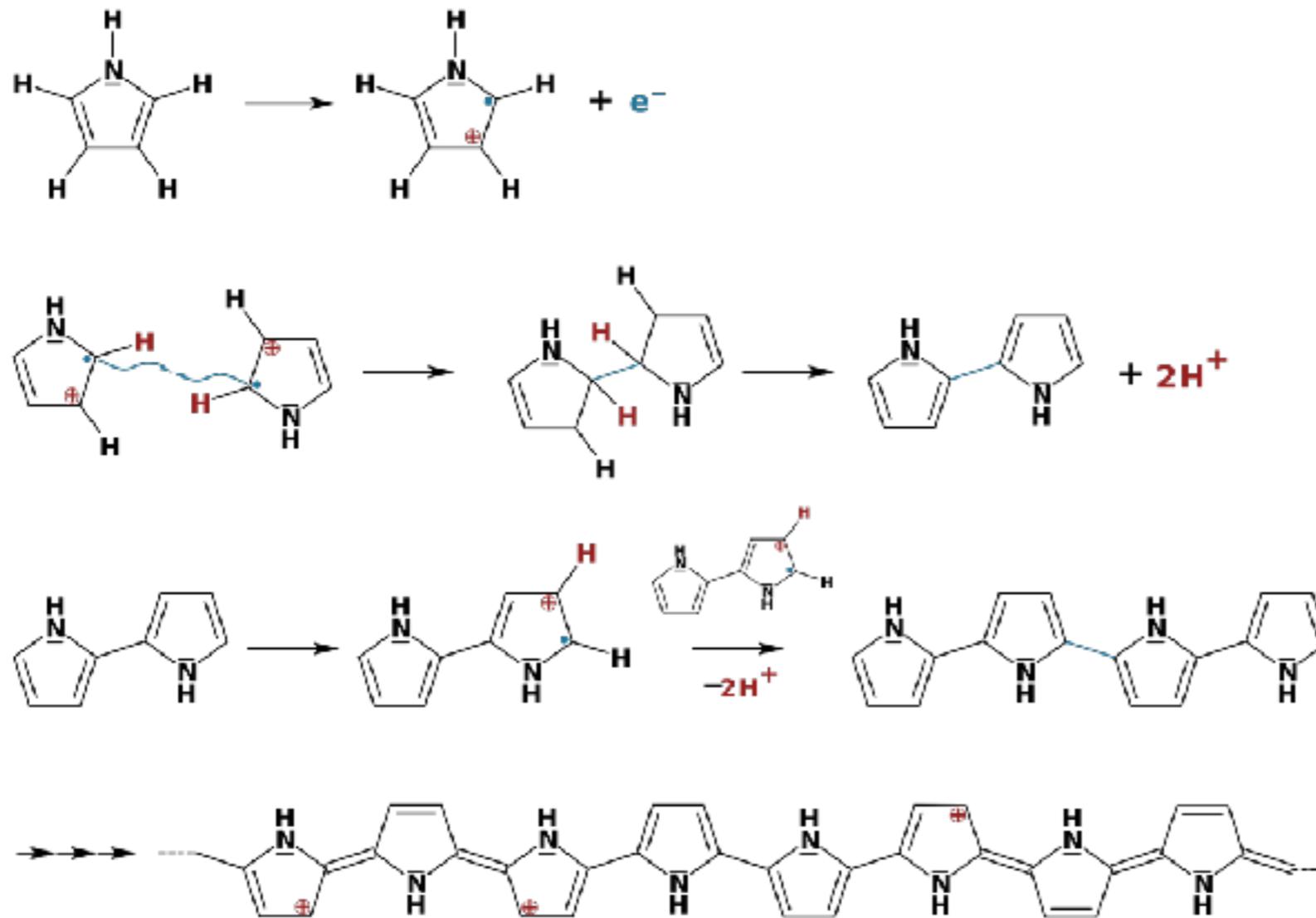


**BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL**

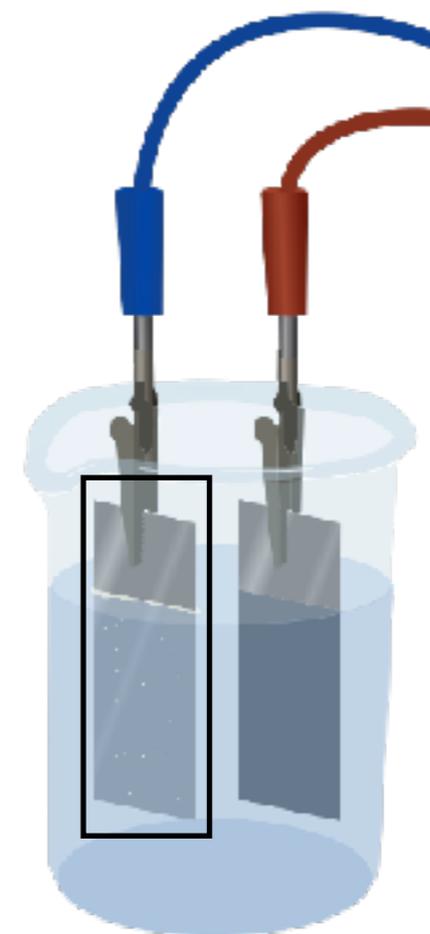


**DIDAKTIK
DER
CHEMIE**

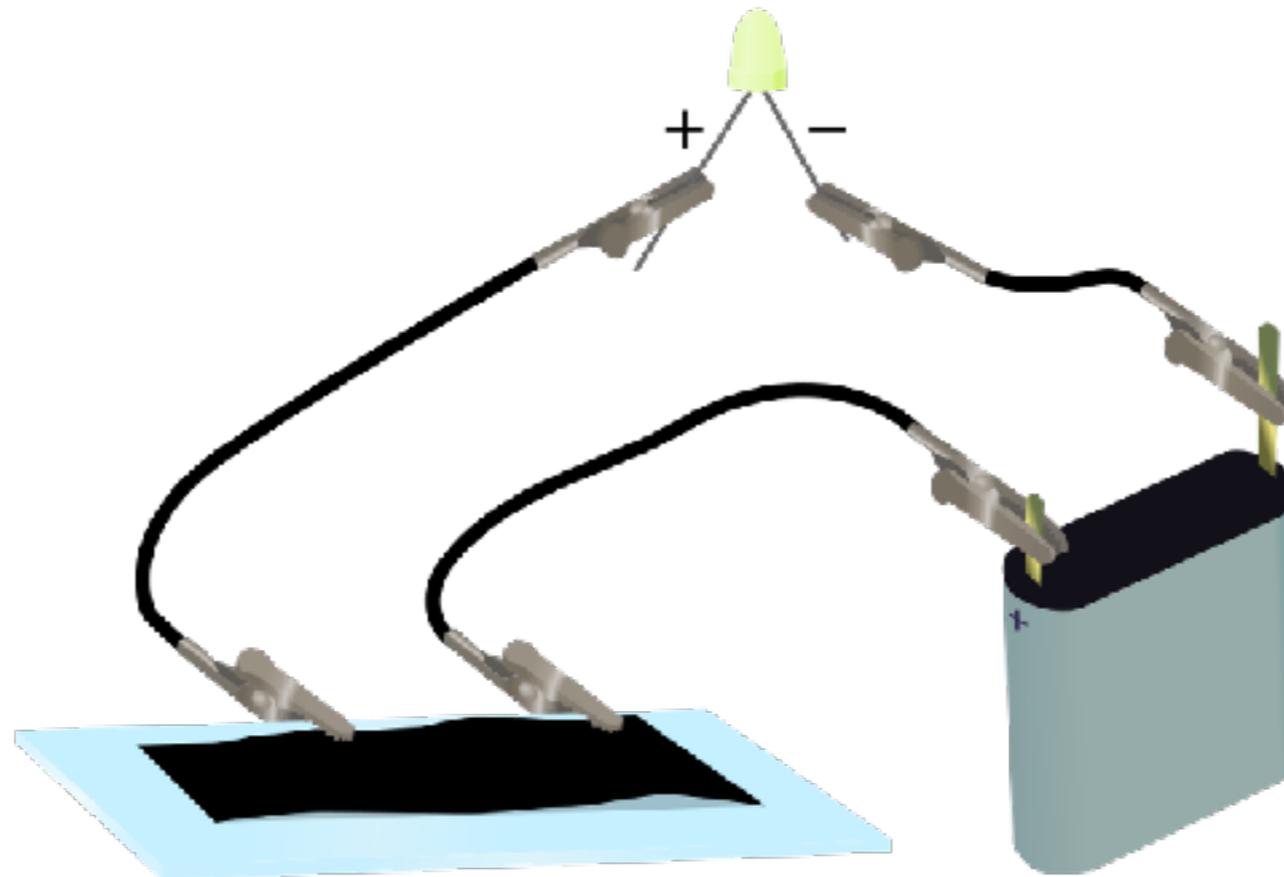
ANODENREAKTION (PLUS-POL)



KATHODENREAKTION (MINUS-POL)

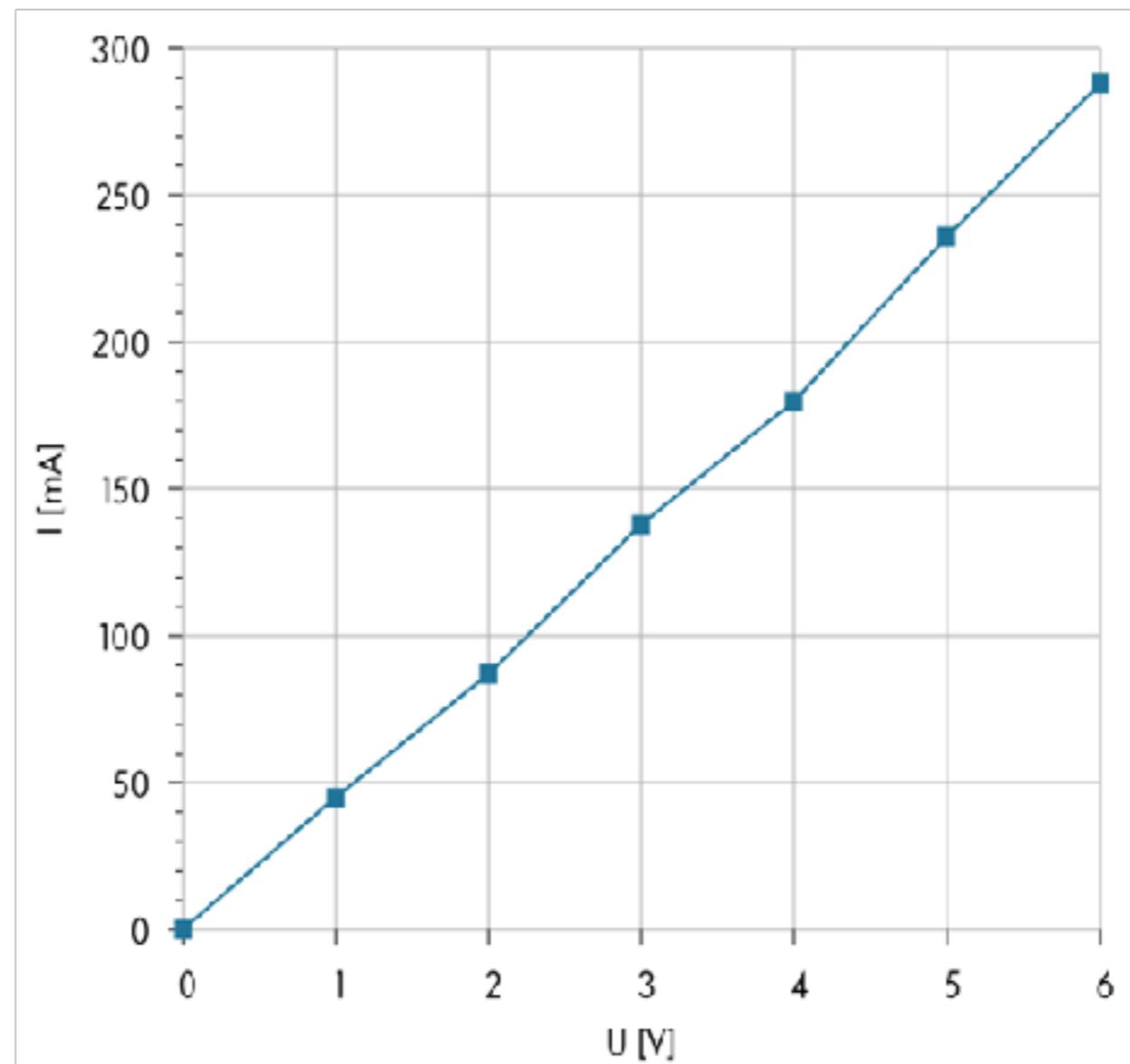


UNTERSUCHUNG DER POLYPYRROLFOLIE

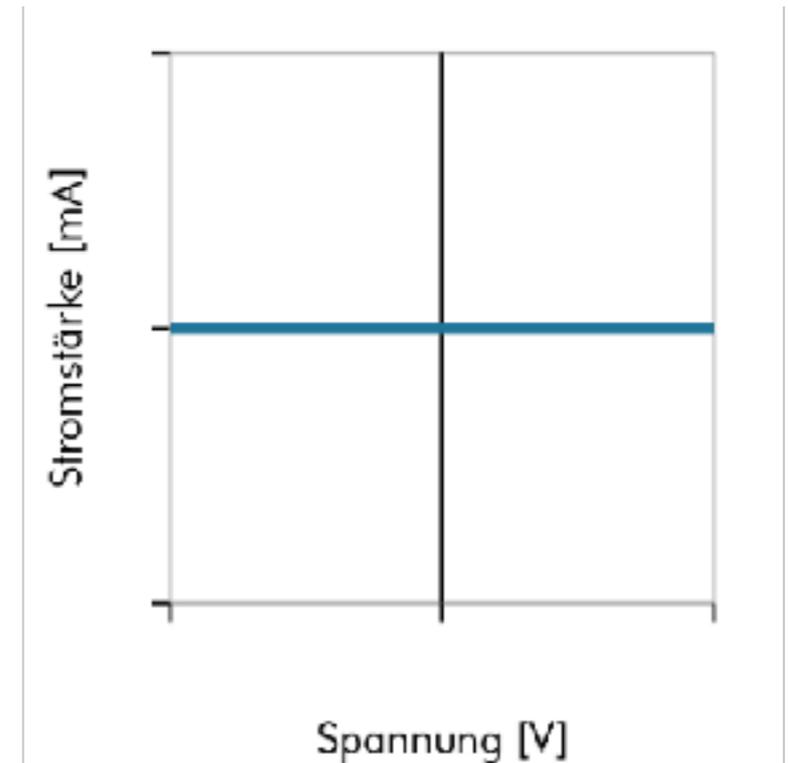
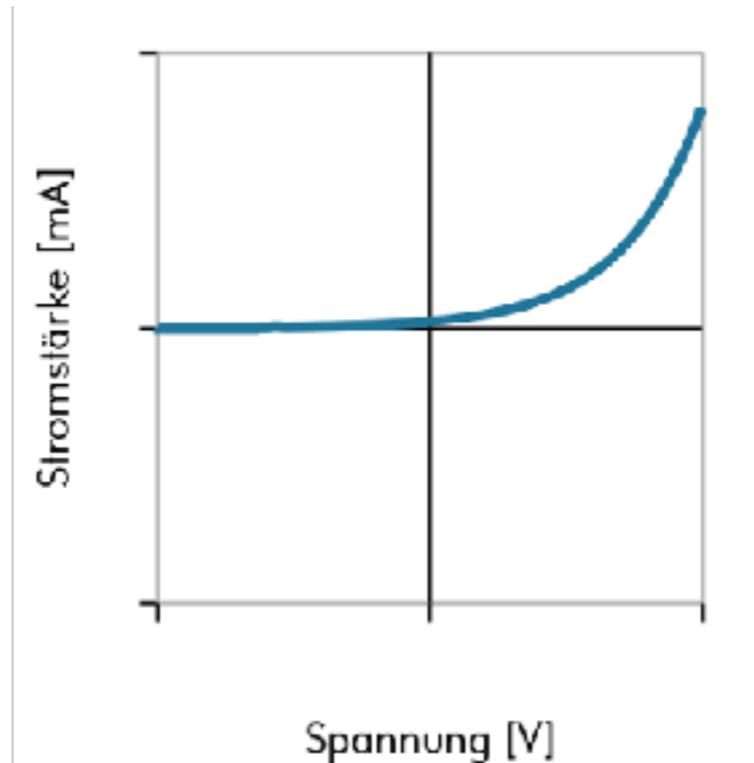
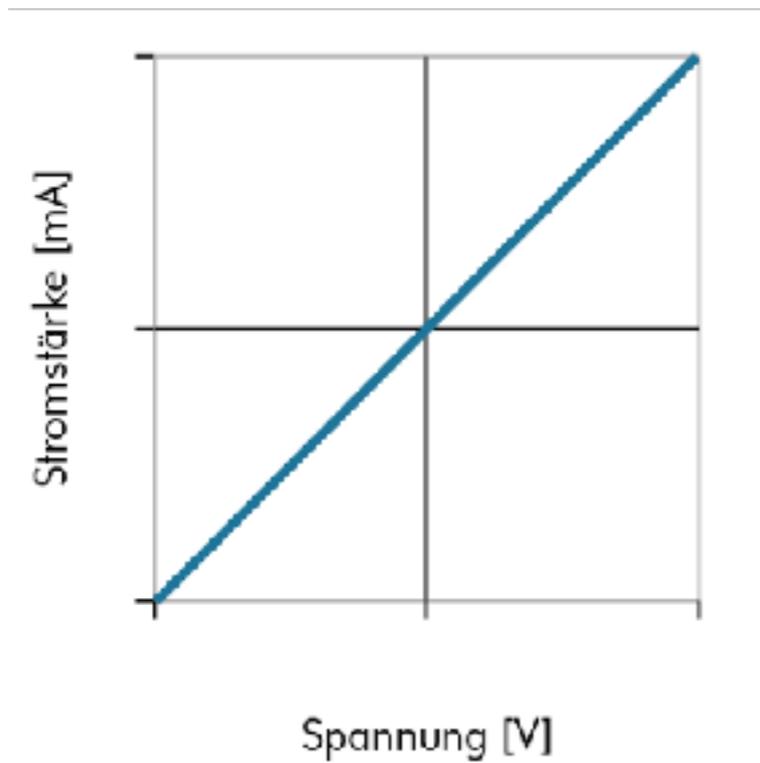


STROMSTÄRKE-SPANNUNGS-KURVE FÜR POLYPYRROL

U [V]	I [mA]
0	0
1	45
2	87
3	138
4	180
5	236
6	288

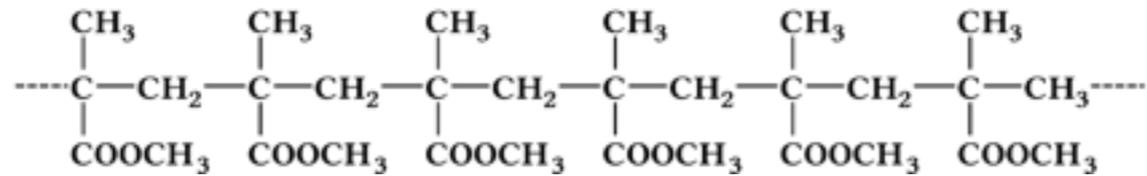


TYPISCHE STROMSTÄRKE-SPANNUNGS-KURVEN

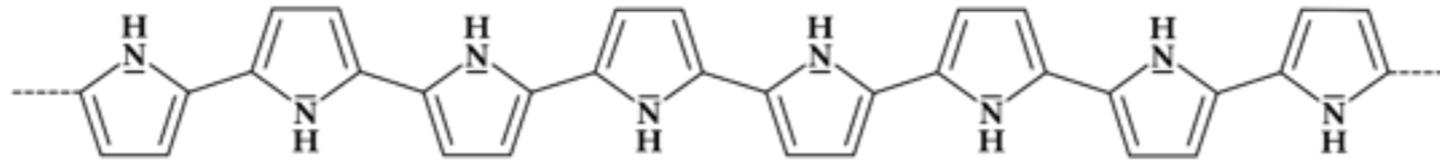


WANN KÖNNEN POLYMERE STROM LEITEN? (1)

PMMA-Molekül



Polypyrrol-Molekül





WANN KÖNNEN POLYMERE STROM LEITEN? (2)

