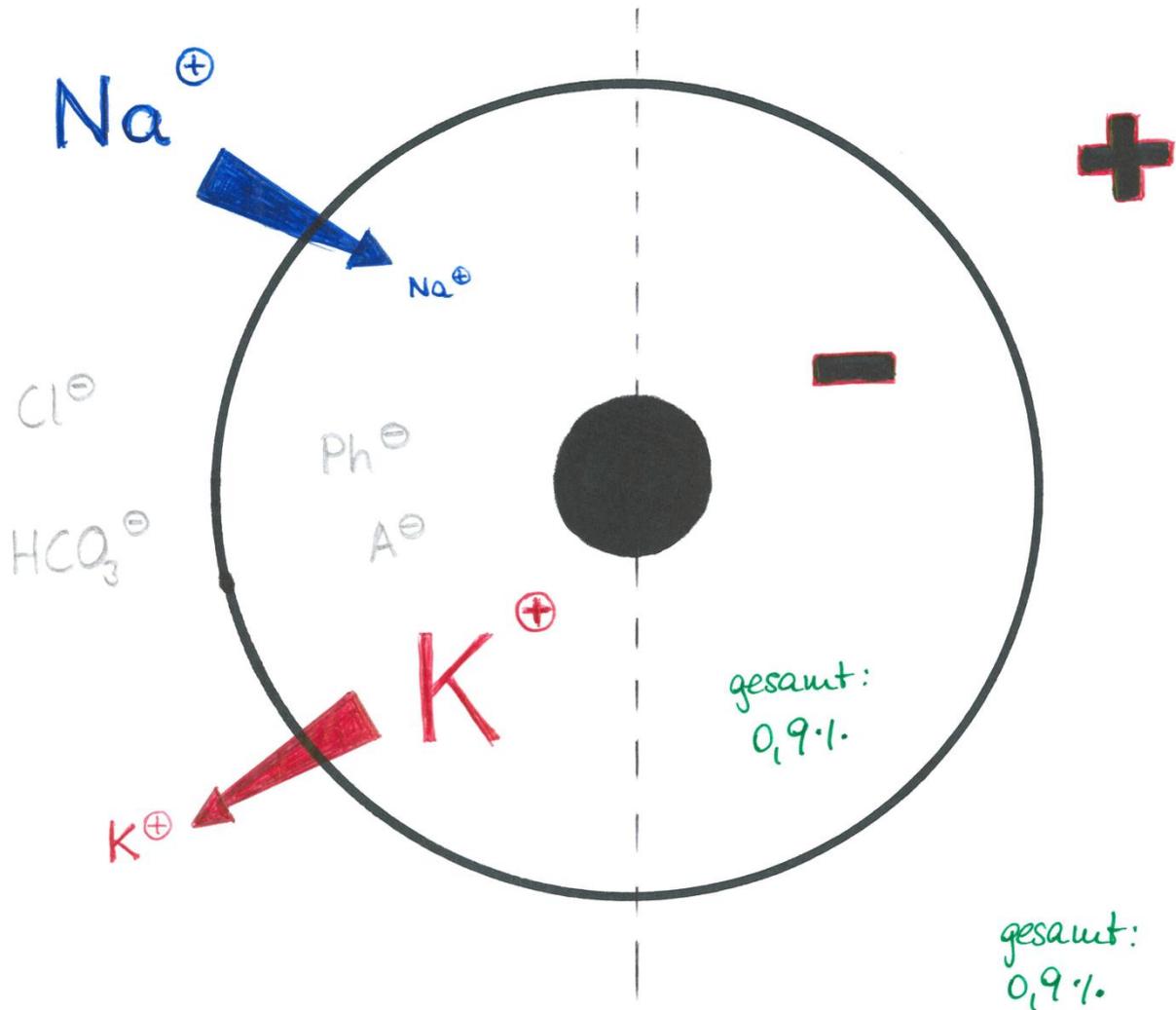




Physiologie: Gleichgewichte an der Zelle



1. Konzentrationsunterschiede (innen / aussen) der einzelnen Ionen-Sorten

2. osmotisches Gleichgewicht: Osmolarität (innen / aussen) insgesamt immer gleich (0,9 %)

3. elektrisches Gleichgewicht = Potentialunterschied: innen -, aussen +



1. Konzentrationsunterschiede der einzelnen Ionen-Sorten

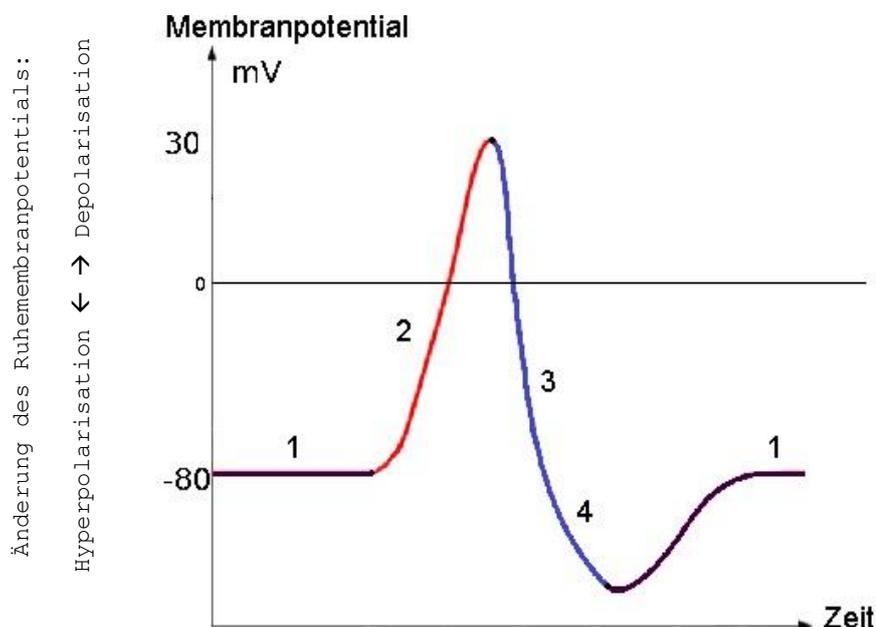
Natrium:

Der Konzentrationsunterschied von Natrium zwischen Intra- und Extrazellulärraum ist entscheidend für die Depolarisation der Zelle: Wenn ein Reiz auf die Zelle einwirkt (z. B. Transmitter-Ausschüttung an der Synapse), öffnen sich die Natrium-Kanäle an der Zellmembran. Der dadurch ausgelöste schnelle Natrium-Einstrom in die Zelle ist nur durch den Konzentrationsunterschied* möglich. → Vom Ort der hohen Konzentration (ausen) strömt das Natrium mit seiner positiven Ladung zum Ort der niedrigen Konzentration (innen) und führt somit zum Anstieg des Membranpotentials (s. Abbildung; Natrium-Einstrom rot markiert).

*Unterstützend wirkt auch der elektrische Unterschied zwischen innen und aussen: Natrium ist positiv geladen und wird daher durch die negative Ladung im Inneren der Zelle zusätzlich angezogen.

Kalium:

Der Konzentrationsunterschied von Kalium zwischen Intra- und Extrazellulärraum ist entscheidend für die Repolarisation der Zelle: Nachdem der schnelle Natrium-Einstrom abgeschlossen ist (Spitze der Kurve, s. Abbildung), öffnen sich die Kalium-Kanäle an der Zellmembran. Durch den grossen Konzentrationsunterschied kommt es nun zum schnellen Kalium-Ausstrom → Kalium (positive Ladung) strömt durch die nun offenen Kanäle vom Ort der hohen Konzentration (innen) zum Ort der niedrigen Konzentration (ausen) und führt somit zum Abfall des Membranpotentials (s. Abbildung; Kalium-Ausstrom blau markiert).





2. osmotisches Gleichgewicht:

Zwar müssen die einzelnen Ionensorten (s. o.) in unterschiedlichen Konzentrationen innerhalb und ausserhalb der Zelle vorliegen. Die Osmolarität (als Summe aller gelösten Ionen in der Flüssigkeit, also ausser Natrium und Kalium auch Kalzium, Magnesium, Chlorid, Phosphat...) muss jedoch innen und aussen immer gleich gross sein → 0,9 %.

→ Plasmaosmolarität = intrazelluläre Osmolarität

Kommt es zu Veränderungen der Osmolarität der extrazellulären Flüssigkeit, so wirkt sich dies über osmotische Flüssigkeitsverschiebungen automatisch auf den Intrazellulärraum aus:

Steigt die extrazelluläre Gesamt-Ionenkonzentration auf über 0,9 %, fliesst durch die osmotische Wirkung so lange Wasser aus der Zelle heraus, bis sich die Osmolarität innerhalb und ausserhalb der Zelle wieder ausgeglichen hat → Zelle schrumpft. Anders herum: Sinkt die extrazelluläre Gesamt-Ionenkonzentration auf unter 0,9%, strömt durch die osmotische Wirkung so lange Wasser in die Zelle hinein, bis die Osmolarität innen / aussen wieder ausgeglichen ist → Zelle schwillt an.

Für Zellfunktionen und Stoffwechsel stellt der Sollwert von 0,9 % Salzgehalt das Optimum dar, und jede Abweichung nach oben oder unten beeinträchtigt die Zellfunktionen bis hin zum vollständigen Erliegen = Zelltod.

3. elektrisches Gleichgewicht = Potentialunterschied innen / aussen:

Der elektrische Potentialunterschied an der Zellmembran (innen negativ, aussen positiv) definiert das Ruhemembranpotential und damit das Ausmass der Erregbarkeit der Zelle.

Veränderungen des Potentialunterschiedes sind immer gekoppelt an Veränderungen der Konzentrationen der einzelnen Ionen, da diese elektrische Ladungen tragen. Sie finden daher immer im Extrazellulärraum statt. Wenn beispielsweise der Natriumgehalt im Plasma (= Extrazellulärraum) steigt, wird das elektrische Potential im Extrazellulärraum zugleich positiver (Natrium trägt eine positive Ladung).

Der Potentialunterschied zwischen innen und aussen wird damit grösser. Für das Ruhemembranpotential (= Ausmass der Erregbarkeit der Zelle) bedeutet das folgendes:

Wird das „Plus“ ausserhalb der Zelle grösser, vergrössert sich der Potentialunterschied zwischen innen und aussen → indirekt wird damit auch das „Minus“ in der Zelle negativer! Das heisst, das Ruhemembranpotential sinkt unter -80 mV, und das wiederum bedeutet: Es ist mehr Reizstärke notwendig, um das Membranpotential wieder auf den Schwellenwert anzuheben und ein Aktionspotential auszulösen. Meint: Die Zelle ist schwerer erregbar - oder bei sehr starker Vergrösserung des Potentialunterschiedes sogar gar nicht mehr erregbar („Hyperpolarisation“; „Membranstabilisierung“; Prinzip der Lokalanästhesie).



Zu den Begriffen „Depolarisation“ und „Hyperpolarisation“ (s. Abbildung): „Plus“ und „Minus“ sind zwei Pole. Wenn diese beiden Pole sich voneinander entfernen, spricht man von einer „Hyperpolarisation“ (= der Unterschied zwischen den Polen wird grösser, „Plus“ wird positiver und „Minus“ gleichzeitig negativer). Umgekehrt, wenn sich beide Pole einander annähern, bezeichnet man das als Depolarisation: Die gegensätzlichen „Pole“ werden kleiner und verschwinden schliesslich ganz, wenn der Potentialunterschied den Wert Null erreicht (dann gibt es keinen „Plus“- oder „Minus“-Pol mehr).

- Depolarisation führt daher zur leichteren Erregbarkeit der Zelle, Hyperpolarisation erschwert dagegen die Erregbarkeit der Zelle.