

Autoprotolyse

Eine Präsentation von Ulrich Helmich

www.u-helmich.de



Destilliertes Wasser



Destilliertes Wasser

Theoretisch sollte dest. Wasser keine elektrische Leitfähigkeit besitzen...



Destilliertes Wasser

Theoretisch sollte dest. Wasser keine elektrische Leitfähigkeit besitzen...

Normales dest. Wasser hat aber eine elektrische Leitfähigkeit von

$5,5 \times 10^{-6} \text{ S/m}$



Destilliertes Wasser

Theoretisch sollte dest. Wasser keine elektrische Leitfähigkeit besitzen...

Normales dest. Wasser hat aber eine elektrische Leitfähigkeit von

$5,5 \times 10^{-6} \text{ S/m}$

Zum Vergleich:

Leitungswasser hat eine elektrische Leitfähigkeit von ca. $5 \times 10^{-2} \text{ S/m}$, das ist das 10.000 fache.



Destilliertes Wasser

Theoretisch sollte dest. Wasser keine elektrische Leitfähigkeit besitzen...

Normales dest. Wasser hat aber eine elektrische Leitfähigkeit von

$5,5 \times 10^{-6} \text{ S/m}$

Problem:

Wie kann die (geringe) elektrische Leitfähigkeit von dest. Wasser erklärt werden?

Zum Vergleich:

Leitungswasser hat eine elektrische Leitfähigkeit von ca. $5 \times 10^{-2} \text{ S/m}$, das ist das 10.000 fache.

Autoprotolyse des Wassers



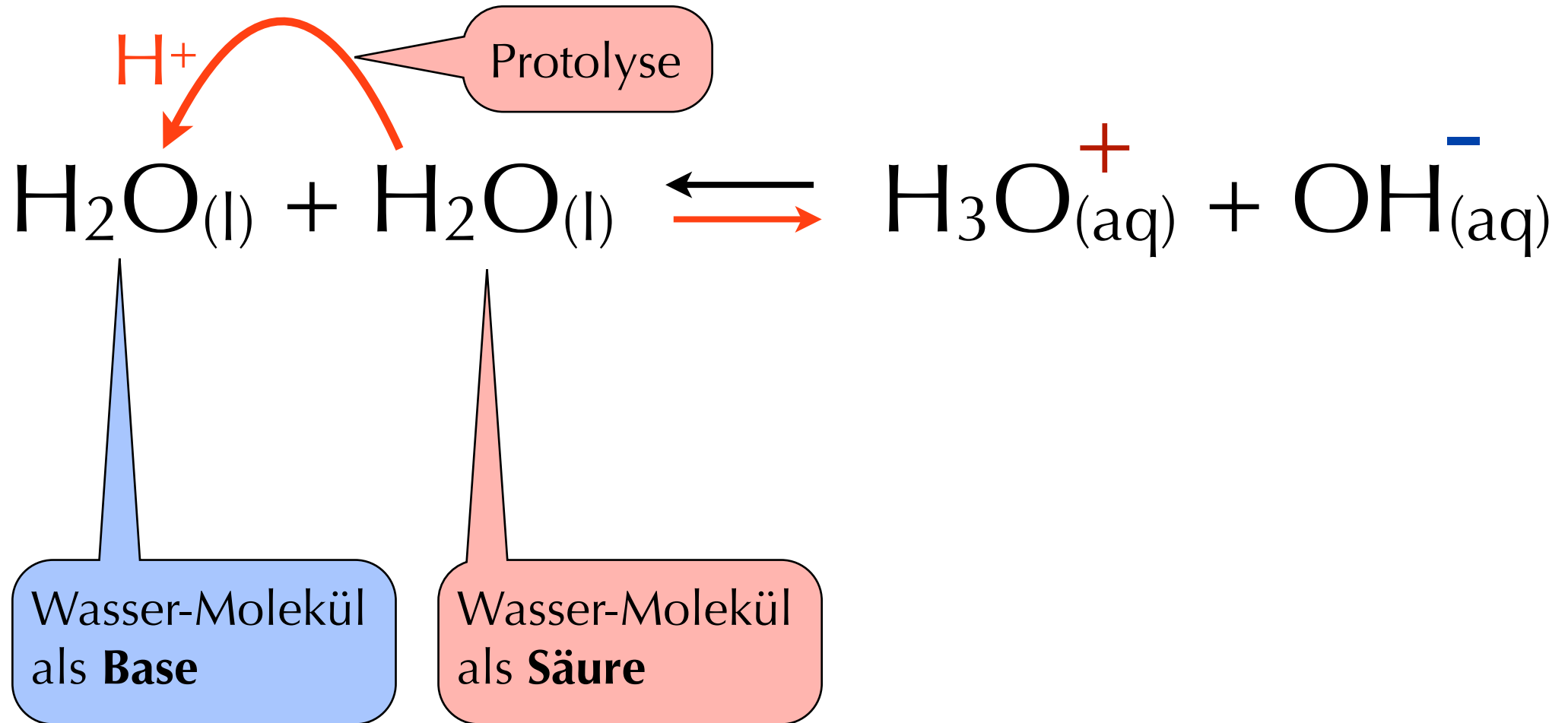
Autoprotolyse des Wassers



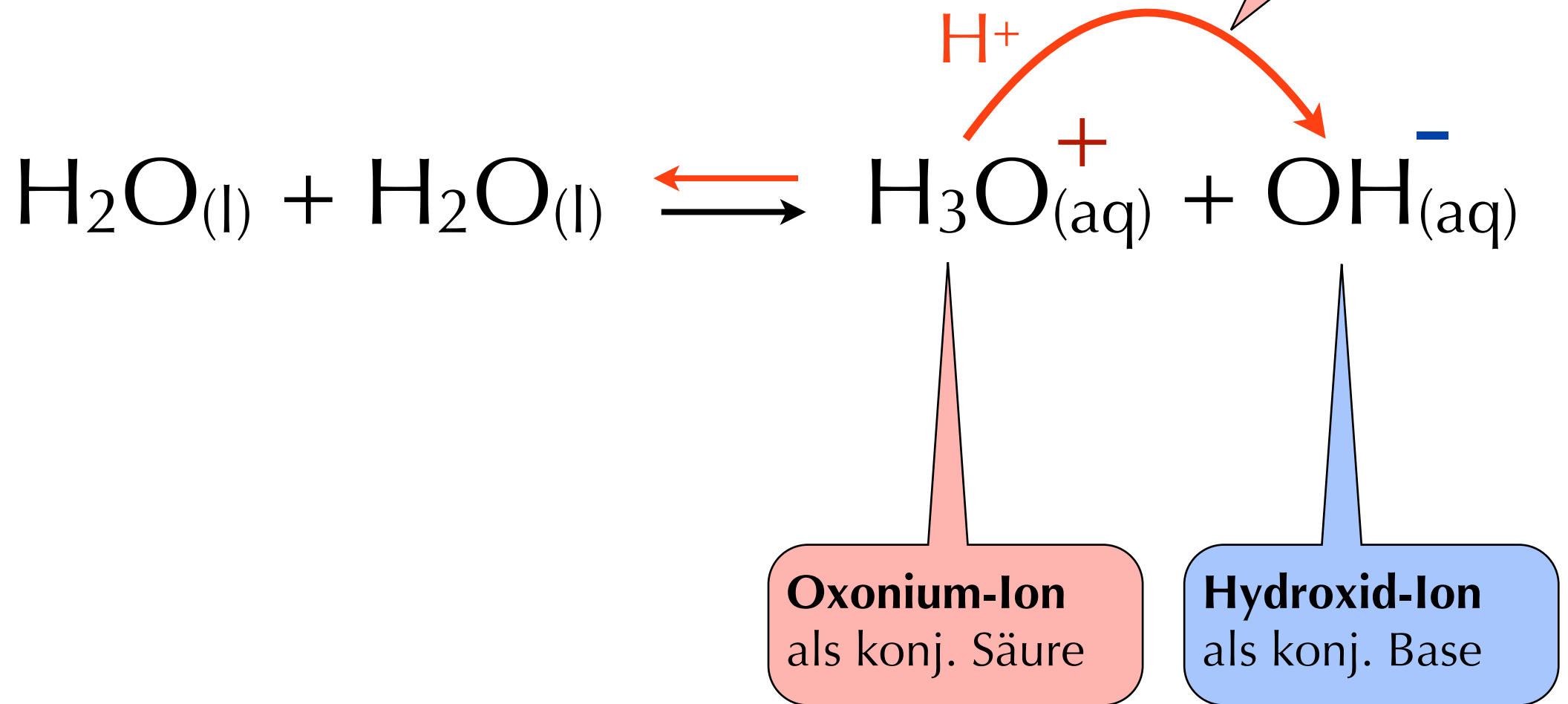
Wasser-Molekül
als **Base**

Wasser-Molekül
als **Säure**

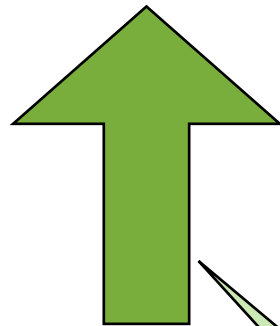
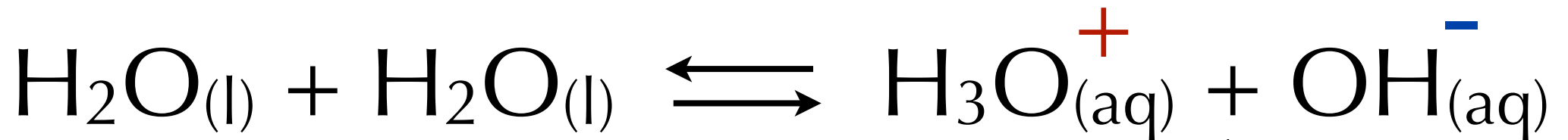
Autoprotolyse des Wassers



Autoprotolyse des Wassers

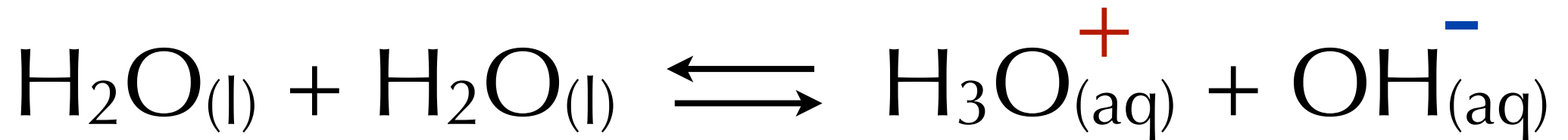


Autoprotolyse des Wassers



chem. Gleichgewicht
fast komplett auf der
Edukt-Seite

Autoprotolyse des Wassers

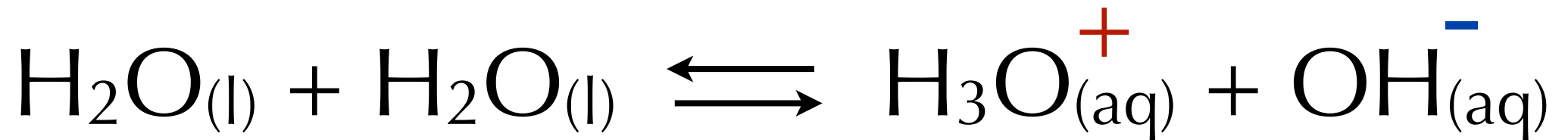


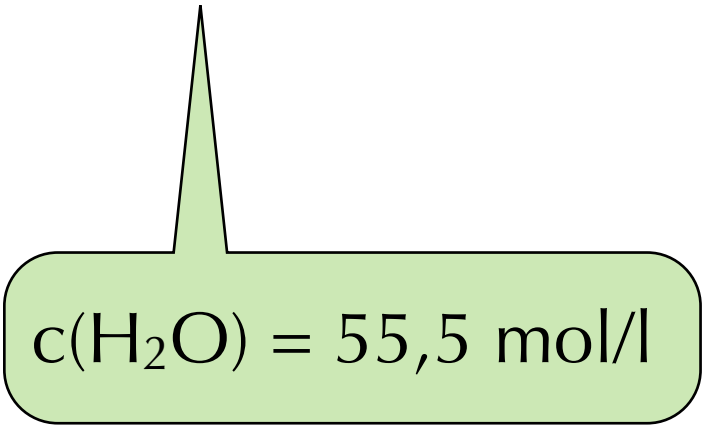
$c(\text{H}_2\text{O}) = ??? \text{ mol/l}$

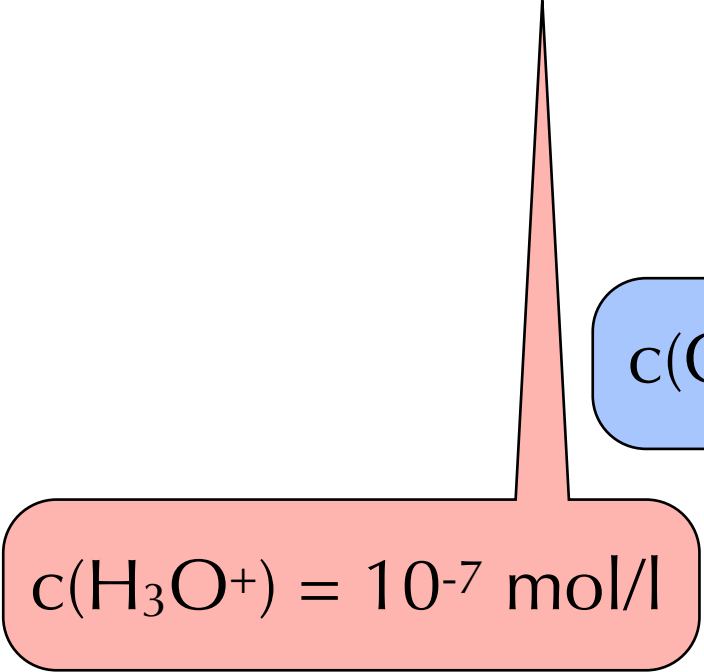
$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-7} \text{ mol/l}$

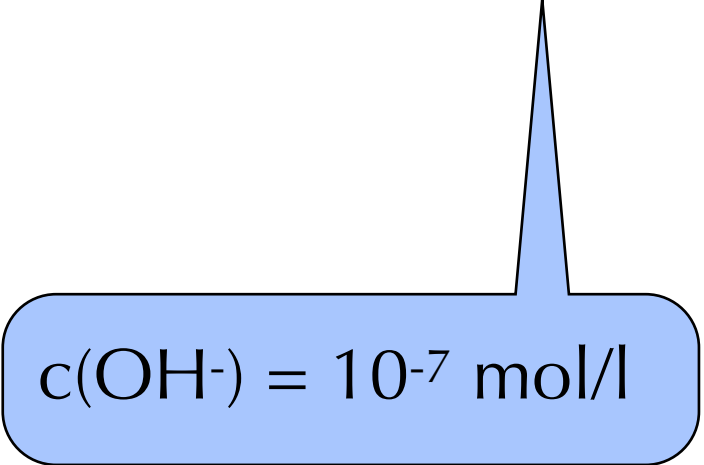
$c(\text{OH}^-) = ??? \text{ mol/l}$

Autoprotolyse des Wassers

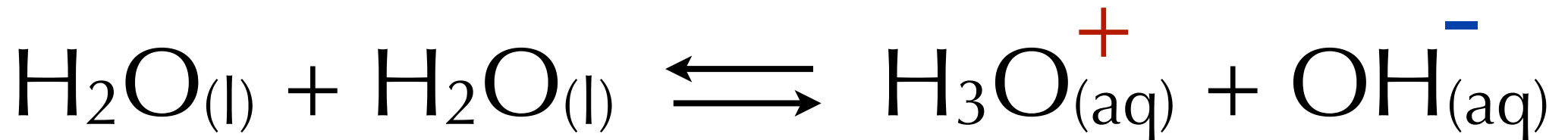



$$c(\text{H}_2\text{O}) = 55,5 \text{ mol/l}$$


$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-7} \text{ mol/l}$$


$$c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol/l}$$

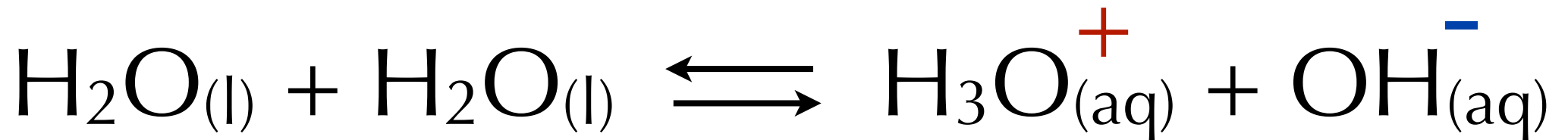
Anwendung des Massenwirkungsgesetzes



$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}][\text{H}_2\text{O}]}$$

Gleichgewichtskonstante

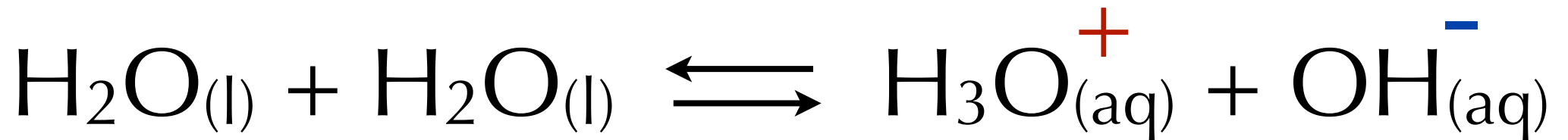
Anwendung des Massenwirkungsgesetzes



$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2}$$

Vereinfachung

Anwendung des Massenwirkungsgesetzes

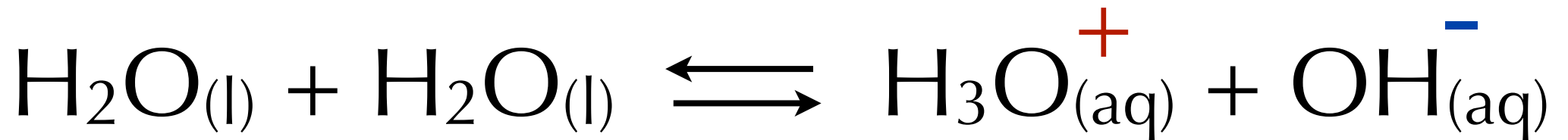


$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2}$$

Konstante 1

$c(\text{H}_2\text{O})$ fast
konstant

Anwendung des Massenwirkungsgesetzes



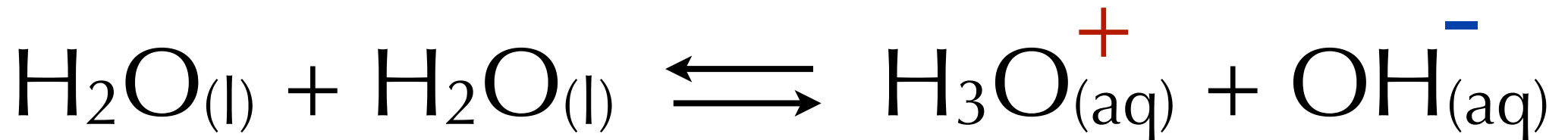
neue Konstante

$$K_w = K[\text{H}_2\text{O}]^2 = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Konstante 1

Konstante 2

Anwendung des Massenwirkungsgesetzes



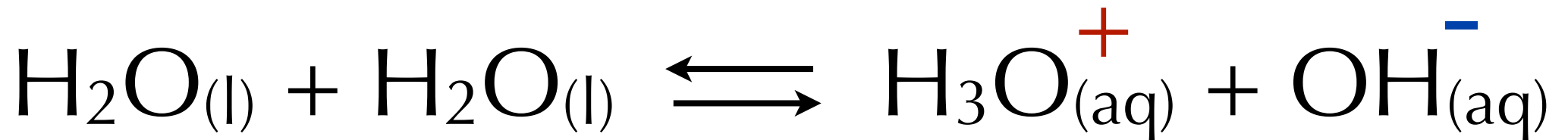
???

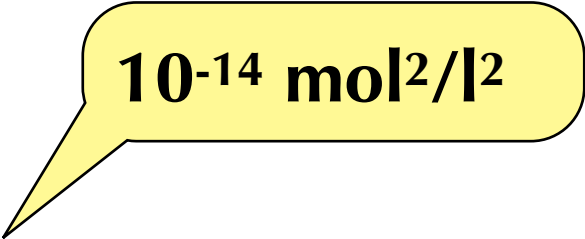
$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

10^{-7} mol/l

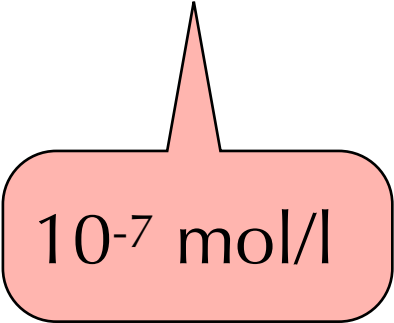
10^{-7} mol/l

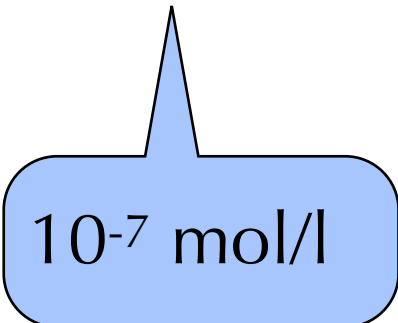
Anwendung des Massenwirkungsgesetzes




$$10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2$$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$


$$10^{-7} \text{ mol/l}$$


$$10^{-7} \text{ mol/l}$$

Ionenprodukt des Wassers

Ionenprodukt des
Wassers bei 25 °C

$10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2$

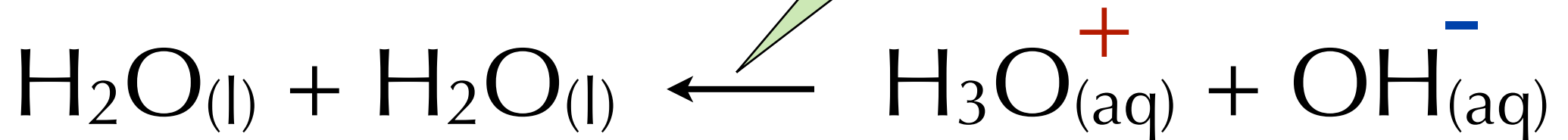
$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

10^{-7} mol/l

10^{-7} mol/l

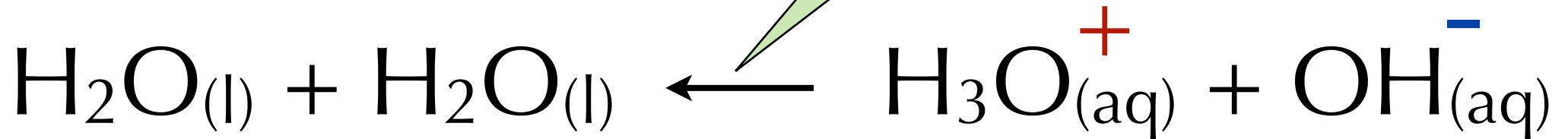
Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts

Neutralisation, exo-
therm

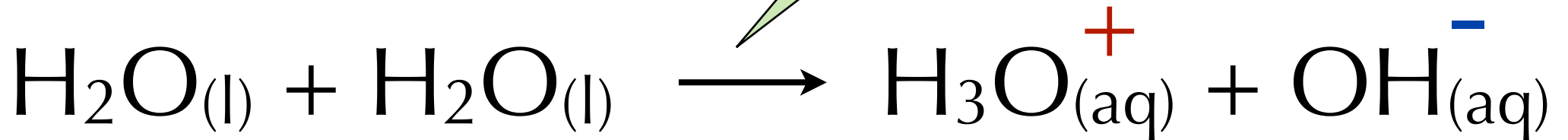


Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts

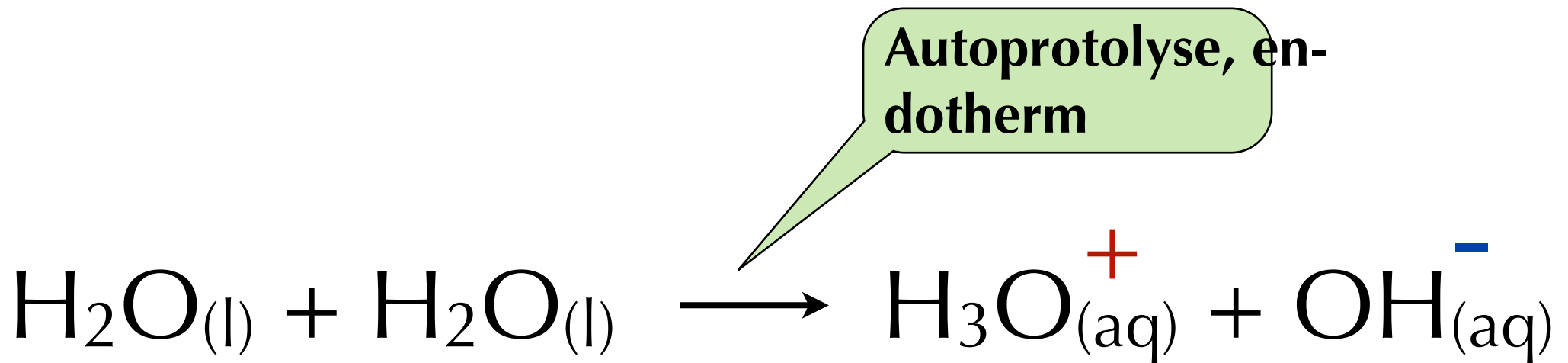
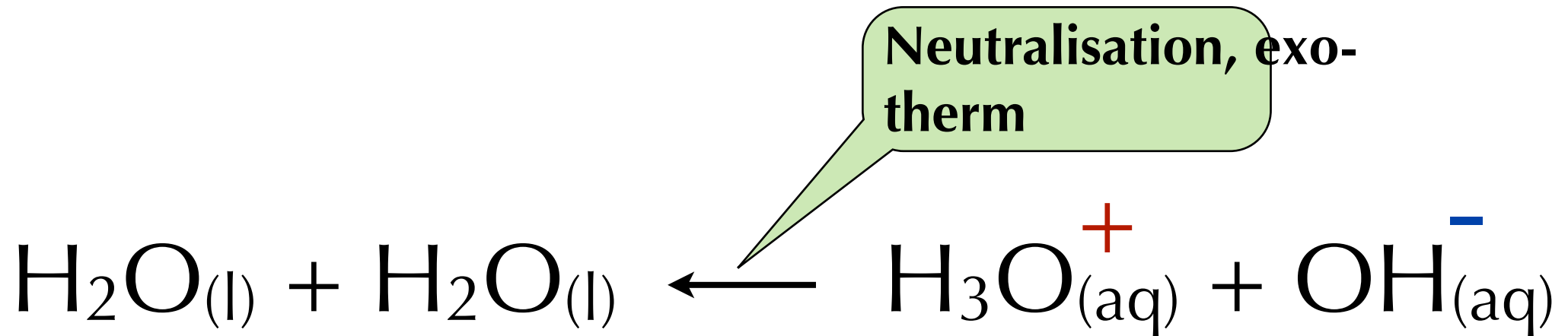
Neutralisation, exo-
therm



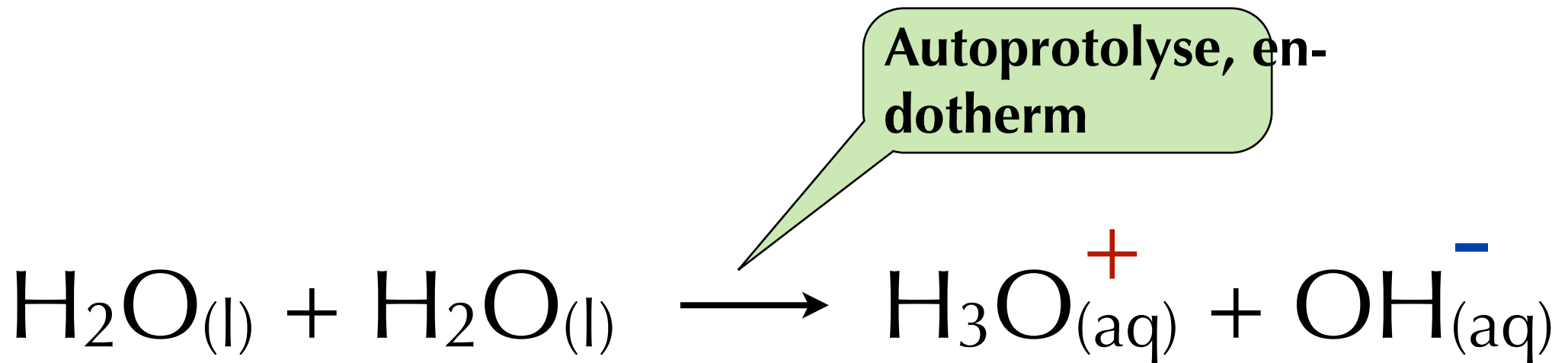
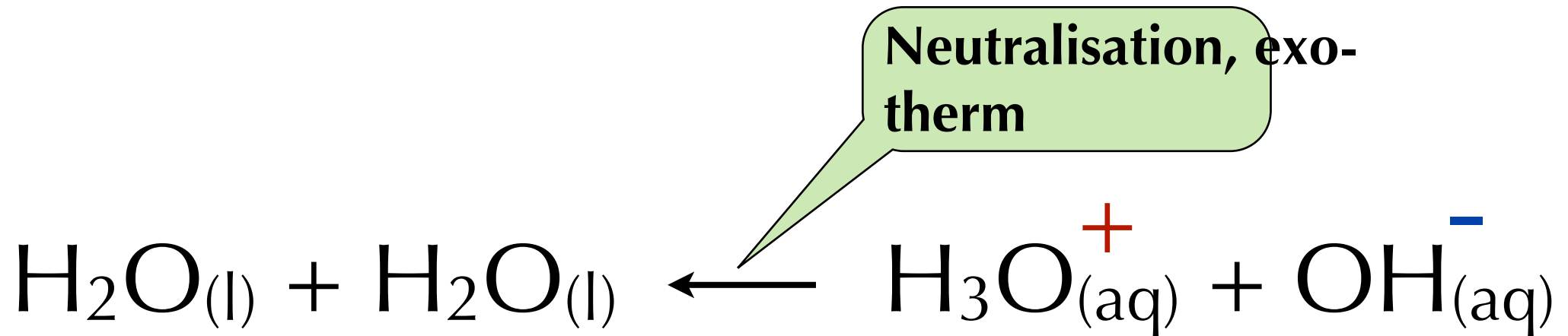
???,
???



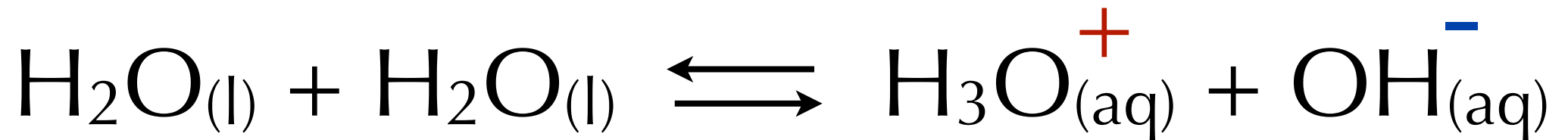
Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



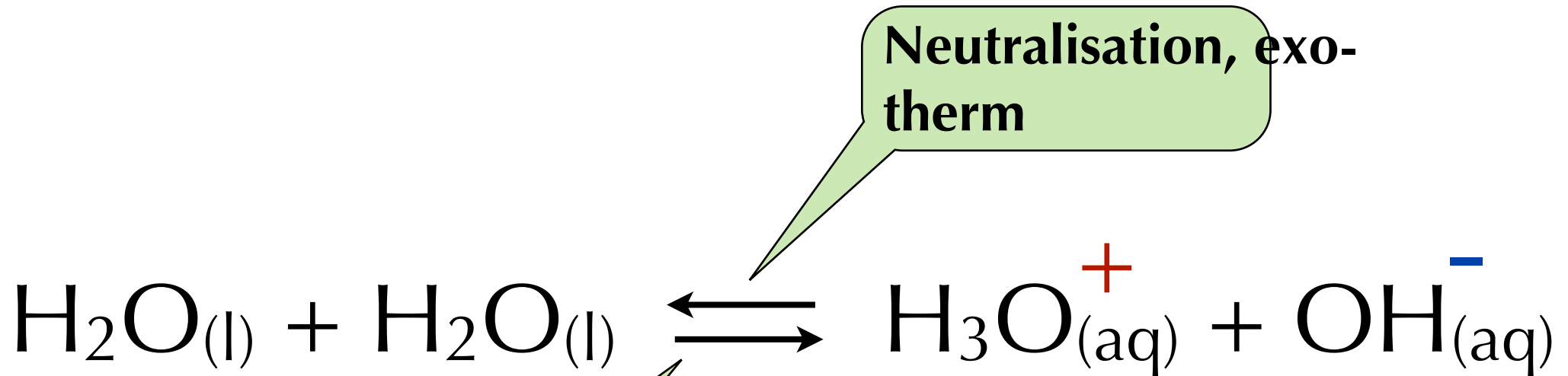
Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Prinzip des kleinsten Zwangs:

Ein chemisches Gleichgewicht versucht stets, den Faktoren entgegenzuwirken, die es stören.

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Neutralisation, exo-
therm

Autoprotolyse, en-
dothem

Prinzip des kleinsten Zwangs:

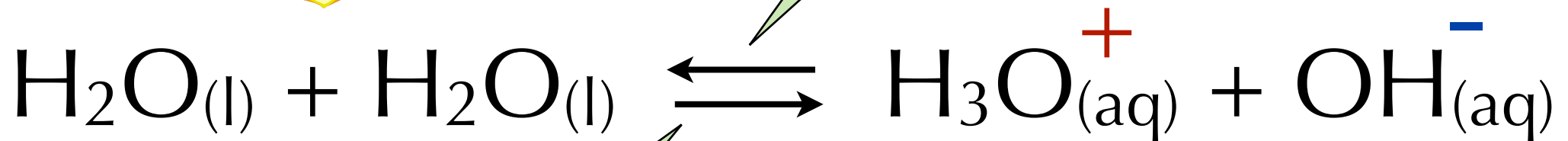
Ein chemisches Gleichgewicht ver-
sucht stets, den Faktoren entgegen-
zuwirken, die es stören.

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Freisetzung
von Energie

Neutralisation, exo-
therm



Autoprotolyse, en-
dothem

Aufgabe:

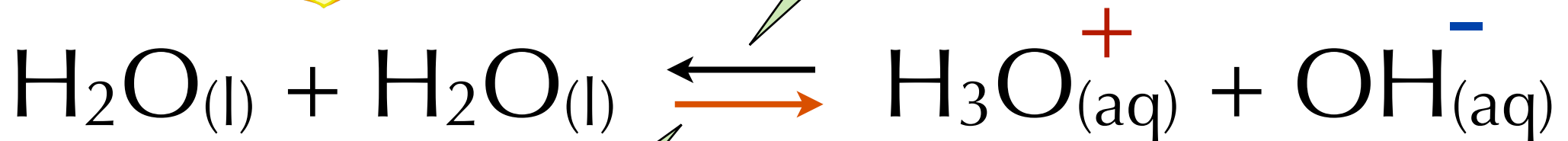
In welche Richtung verschiebt sich
das Gleichgewicht, wenn das Was-
ser erhitzt wird?

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Zufuhr
von Energie

Neutralisation, exo-
therm



Autoprotolyse, en-
dothem

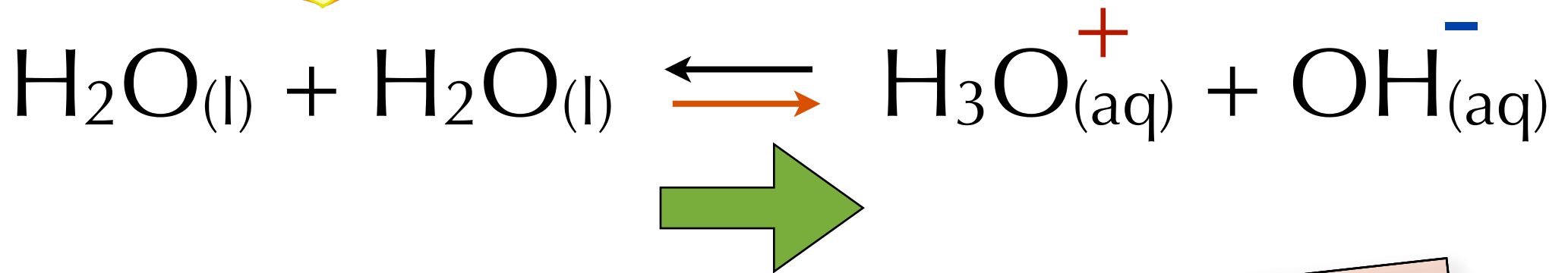
Lösung:

Das Gleichgewicht verschiebt sich nach rechts, weil dadurch Energie verbraucht wird.

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Zufuhr
von Energie



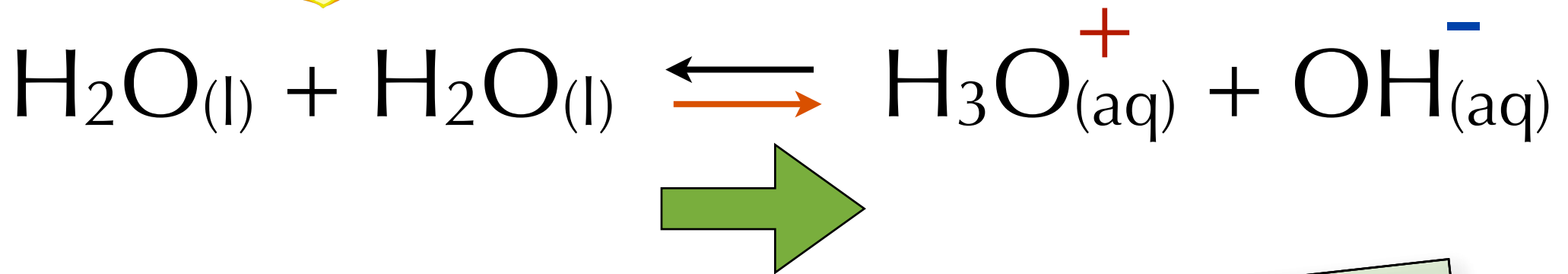
Aufgabe:

Welche Auswirkungen hat diese Gleichgewichtsverschiebung auf den pH-Wert des Wassers?

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Zufuhr
von Energie



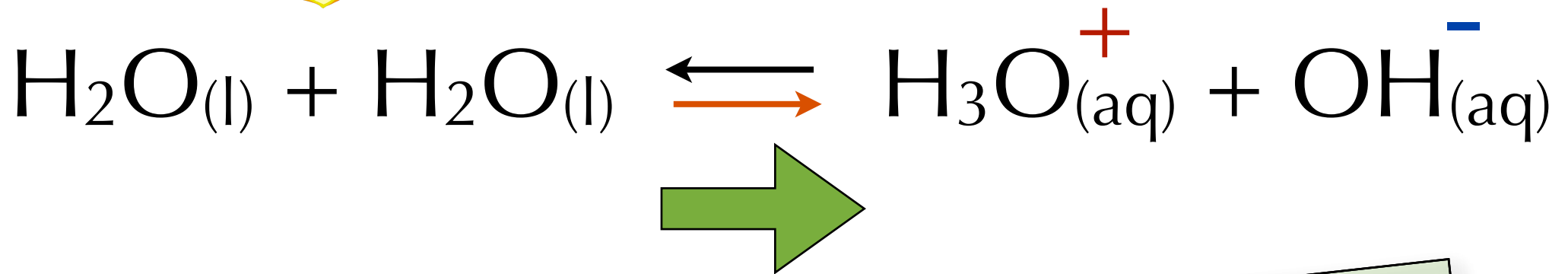
Lösung:

$c(\text{H}_3\text{O}^+)$ erhöht sich, also sollte $-\log(c(\text{H}_3\text{O}^+))$ sinken. Der pH-Wert wird geringer.

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Zufuhr
von Energie



100 °C heißes Wasser
hat einen pH-Wert
von 6,14.

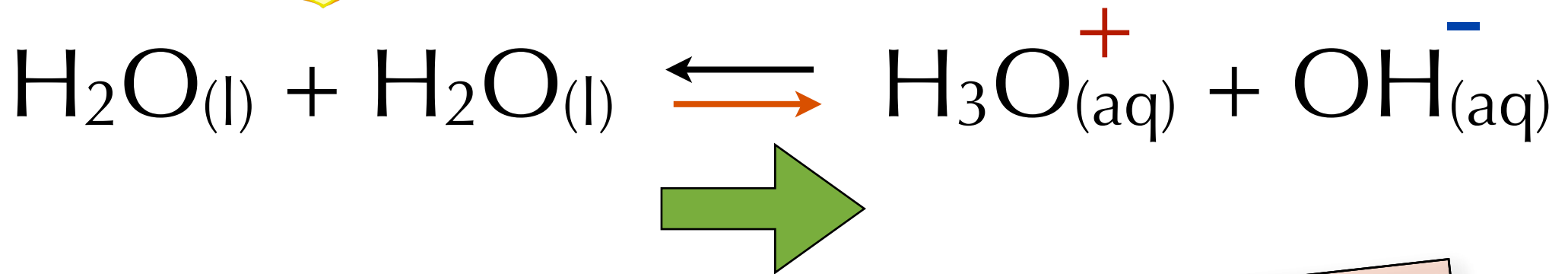
Lösung:

$c(\text{H}_3\text{O}^+)$ erhöht sich, also sollte
 $-\log(c(\text{H}_3\text{O}^+))$ sinken. Der pH-Wert
wird geringer.

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Zufuhr
von Energie



100 °C heißes Wasser
hat einen pH-Wert
von 6,14.

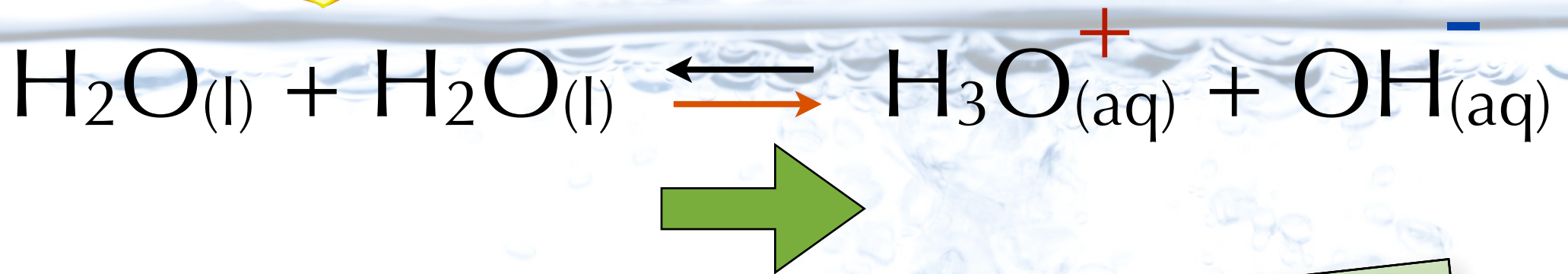
Aufgabe:

Diskutieren Sie, ob 100 °C heißes
Wasser als "sauer" bezeichnet wer-
den kann.

Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts



Zufuhr
von Energie



100 °C heißes Wasser
hat einen pH-Wert
von 6,14.

Lösung:

100 °C heißes Wasser ist neutral,
denn es gilt immer noch:
 $c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{OH}^-)$.