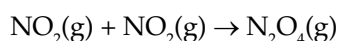


6

Kemisk ligevægt

I støkiometriske beregninger antager man at den kemiske reaktion forløber fuldstændigt, dvs. indtil en af reaktanterne er opbrugt. Dette gør sig også gældende for mange reaktioner, men på den anden side er der også mange reaktioner, der langt fra forløber fuldstændigt. Et eksempel er dimeriseringen af nitrogendioxid, NO₂:



NO₂ er en mørkebrun gas, mens N₂O₄ er farveløs. Placeres NO₂ i en forsegleet reaktionskolbe ved 25 °C, vil den mørkebrune farve langsomt aftage, fordi NO₂ omdannes til den farveløse N₂O₄. Men, mod forventning forsvinder den mørkebrune farve ikke fuldstændigt. I stedet indtræffer et tidspunkt hvor intensiteten af den brune farve ikke længere aftager, og koncentrationen af NO₂ er konstant. Systemet har nået *kemisk ligevægt*, hvor ingen koncentrationer, hverken af reaktanter eller produkter, ændres med tiden.

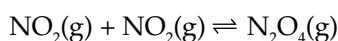
Dimeriseringen kan ses på YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=ZVzrijJdl4c>.

Ligevægtsforhold

I ligevægt ser man ikke koncentrationsændringer, hverken hos reaktanterne eller produkterne, og det kan virke som om reaktionen er stoppet. Dette er dog langt fra tilfældet, og på det molekylære niveau er aktiviteten høj. Kemisk ligevægt er ikke en statisk, men derimod en *dynamisk situation*.

Vi kan antage at kemisk ligevægt er analogt med strømmen af biler over en bro som forbinder to byer. Antag at trafikstrømmen er den samme i begge retninger. Det er tydeligt at der er bevægelse, fordi vi kan se bilerne køre frem og tilbage over broen, men antallet af biler i de to byer ændres ikke.

Kemisk ligevægt vises med en dobbelt pil, \rightleftharpoons , i reaktionsskemaet



Hvorfor indtræder en kemisk ligevægt?

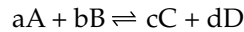
I linket om kinetik, se Tema 4 Link 5, lærte vi at molekyler reagerer ved at kolliderer med hinanden, og jo flere kollisioner, jo hurtigere reaktion. Dette er grunden til at reaktionshastigheden er afhængig af koncentrationen.

Mens reaktionen forløber mod højre, vil koncentrationen af reaktanter falde og reaktionshastigheden aftage. Samtidig vil koncentrationen af produkter stige, og reaktionshastigheden for den reversible reaktion øges. Uundgåeligt vil koncentrationerne af både reaktanter og produkter nå et niveau, hvor reaktionshastigheden i begge reaktionsretninger er lige store. Systemet har nået ligevægt.

Placeringen af en reaktions ligevægt er afhængig af mange faktorer: Startkoncentrationer, tryk, temperatur og tilstandsformerne. Her vil vi blot acceptere ligevægtsfænomenet som reaktionshastigheder i modsatte retninger.

Ligevægtskonstanten

Med udgangspunkt i den vilkårlige reaktion



kan vi opskrive en reaktionsbrøk, Y , der beskriver fordelingen af reaktanter og produkter på et vilkårligt tidspunkt i reaktionsforløbet

$$Y = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Reaktionsbrøken opskrives ved at overholde to regler:

1. Man medtager kun stoffer i vandig opløsning.
2. Opløsningsmidlet udelades.

Disse to regler skyldes at kemisk ligevægt ikke kan forklares med stofkoncentrationer alene, men skal forklares via *massevirkningsloven*, der også tager højde for indvirkningen af stoffernes intermolekylære kræfter. I gymnasiet arbejdes altid med stærkt fortyndede opløsninger, og man kan derfor tillade sig at benytte stofkoncentrationer.

Når systemet er i ligevægt, kan reaktionsbrøken bruges til at beregne *ligevægtskonstanten*, K :

$$K = Y = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} \text{ (ligevægtsudtrykket)}$$

De firkantede parenteser indikerer den aktuelle koncentration *ved ligevægt*. Ligevægtskonstanten beskriver fordelingen af reaktanter og produkter ved ligevægt.

Betydningen af ligevægtskonstanten

Størrelsen af ligevægtskonstanten fortæller hvor meget produkt der dannes ud fra en given mængde reaktant. En stor ligevægtskonstant fortæller at systemet i ligevægt mest består af produkter – ligevægten ligger til højre, mens en lille K -værdi fortæller at systemet i ligevægt består mest af substrater – ligevægten ligger til venstre.

Det er vigtigt at forstå at ligevægtskonstantens størrelse intet fortæller om reaktionshastigheden. Den tid det tager før ligevægten er nået, afgøres af aktiveringsenergiens størrelse.