

Reaktionen, der ændrede verden

Haber-Bosch-processen leverer kunstgødning til en enorm fødevareproduktion, men den leverer også materiale til eksplosiver og dens produkt forurener alt

Af Carsten Christophersen, carsten@techmedia.dk

Den 13. oktober 1908 indleverede Fritz Haber sin patentansøgning på en proces til syntese af ammoniak ud fra nitrogen og hydrogen. Den proces, som ændrede verden for bestandigt, indbragte ham Nobelprisen i 1918.

Katalysatoren er hjertet i processen

Ligevægtskonstanten for nitrogens reaktion med hydrogen til ammoniak er fordelagtig, men pga. den høje aktiveringsenergi forløber processen ikke mærkbart ved stuetemperatur og atmosfæretryk. Termodynamikken er altså lovende, men kinetikken er fortvivlende. I sådanne tilfælde er der brug for en god katalysator.

Omkring 60% af al kunstgødning fremstilles vha. teknologi, der er udviklet på den danske virksomhed Haldor Topsøe A/S, der er blandt verdens bedste i heterogen katalysatorteknologi.

Reaktionen er exotherm ($\Delta H^\circ = -92,4 \text{ kJ/mol}$) og derfor er det begrænset, hvor høj temperatur der kan bruges, da ligevægten vil forskydes mod venstre ved stigende temperatur ifølge Le Chateliers princip. I praksis arbejdes ved en temperatur i nærheden af 400°C ($K_{eq} = 1,64 \times 10^{-4}$). Det skyldes at katalysatoren kræver høj temperatur for at virke effektivt. Til gengæld kan trykket øges og drive ligevægten mod højre pga. en entropigevinst ved at om-danne fire molekyler til to. Der arbejdes ved tryk på omkring 200 atm, men det er igen et kompromis, fordi så høje tryk stiller store krav til robuste installationer og samtidig kræver meget energi.

Drikkevandet trues

Evros-regionen på over 500.000 hektarer er et af de største landbrugsområder i det nordlige Grækenland. En nylig undersøgelse fastslår, at nitratniveauet i drikkevand er over det af WHO accepterede på 6,25% af alle målesteder. Især er det højt i områder med intensivt landbrug. Forureningen kan derfor med stor sandsynlighed tilskrives kunstgødning fra landbrugsproduktion. Det er ikke tilfældet i Gazastribens drikkevand, men alligevel har vandet i 90% af alle brønde nitratkoncentrationer, der langt overskrider WHO-standarden på 50 mg/L. Her observeres nogle af de foruroligende bivirkninger, idet 50% af 640 babyer under seks måneder viser klare tegn på methemoglobinemia, hvor blodets hemoglobin er blokeret for oxygenbinding.

De næste 100 år

Den nuværende globale produktion på omkring 100 millioner tons kunstgødning i form af ammoniak, ammoniumnitrat og urinstof tillader dyrkning af føde for en tredjedel af verdens befolkning. Men bagsiden af medaljen er, at disse forbindelser også anvendes til fremstilling af sprængstoffer. En forholdsvis



Nitrogen kan transporteres og opbevares i flydende tilstand ved kogepunktet -196°C .

stor del ender i vandet og stimulerer vækst af giftige alger. Især i havmiljøet forårsager væksten af mikroalger forgiftninger, der vandrer og opkoncentreres i de marine fødekæder for slutteligt at ende hos mennesket. Der er generelt alvorlige problemer med tiltagende nitrogenforurening i store dele af verden. De kystnære marine økosystemer overgødes med nitrogenforbindelser, hvilket resulterer i stigende iltsvind i havområder, der ender som råd-nende og reducerende stinkbomber, kun med anaerobt liv. Også luften forurenes, og dermed bidrager nitrogenforbindelserne til klimaforandringer.

Fritz Haber

Fritz Haber (1868-1934) var fra 1911 direktør for Kejser Wilhelm Institutet for Fysisk Kemi i Berlin. Ved udbruddet af 1. verdenskrig i 1914 stillede han sig selv og instituttet til disposition for regeringen. Han ledede den kemiske krigsførelse efter at skyttegravskrigen havde bidt sig fast. Institutet blev en betydelig militær faktor og spillede en afgørende rolle ved udviklingen af krigsgasser.

Kilder

How a century of ammonia synthesis changed the world J. W. Erisman, M. A. Sutton, J. Galloway, Z. Klimont og W. Winiwarter *Nature Geoscience*. DOI: 10.1038/ngeo325.

Impact of intensive agricultural practices on drinking water quality in the EVROS Region (NE GREECE) by GIS analysis C. Nikolaidis, P. Mandalos, og A. Vantarakis, A. *Environmental Monitoring and Assessment* 2008, Bind 143 nr. 1-3, side 43-50.

Elevated nitrate levels of the groundwater of the Gaza Strip: Distribution and sources B. Shomar, K. Osenbröck og A. Yahya *Science of the Total Environment*, 2008, Bind 398, side 164-174.

Carl Bosch

Carl Bosch (1874-1940) fik Nobelprisen i 1931 for sine studier i højtryksskemi. Han får anvendelse for sine evner som kemisk ingeniør ved konstruktion af større og større industrianlæg til ammoniakfabrikation under sit arbejde i Badische Anilin- und Soda Fabrik (BASF).