



## Fang CO<sub>2</sub> med Aminosyrer

**Lerche, Benedicte Mai**

*Published in:*  
Aktuel Naturvidenskab

*Publication date:*  
2010

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Lerche, B. M. (2010). Fang CO<sub>2</sub> med Aminosyrer. Aktuel Naturvidenskab, 6, 24-27.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Foto: Colourbox

# Fang CO<sub>2</sub> med aminosyrer

*Med såkaldte "carbon capture-teknikker" er det muligt at rense røgen fra kulfyrede kraftværker, således at den er næsten helt fri for drivhusgassen CO<sub>2</sub>. Kunsten er at gøre processen tilstrækkeligt billig. Et lovende fangstredskab i denne proces er aminosyrer.*

Af Benedicte Mai Lerche

■ Der er bred enighed om, at verden skal omstille sig til en mere bæredygtig og klimavenlig energiforsyning. Imidlertid viser alle internationale prognoser, at kul fortsat vil stå for en meget stor og endda stigende andel af verdens energiforsyning frem mod midten af dette århundrede. Derfor er der stor

interesse fra regeringer over hele verden for at indfange CO<sub>2</sub> på kraftværkerne og deponere den i undergrunden. Lige nu konkurrerer en række teknologier om at blive den eller de, som bliver valgt til at løse opgaven.

De teknikker, som er længst udviklede frem mod praktisk anvendelse, bygger på kemisk

absorption, hvor CO<sub>2</sub> optages i en opløsning indeholdende et kemisk stof med passende egenskaber til formålet. Opløsningen, som i kemisk jargon kaldes et solvent, fanger/binder i første omgang CO<sub>2</sub>, men forbindelsen brydes senere i processen, så solventet bliver klar til ny indsats. I mit eget forskningsprojekt

arbejder jeg med en relativt ny teknik, hvor en opløsning med aminosyrer bruges som solvent.

**Ligner CO<sub>2</sub>-fangst i blodet**  
CO<sub>2</sub>-fangst med aminosyrer ligner i princippet den måde CO<sub>2</sub> bindes i blodet af proteiner såsom hæmoglobin. Aminosyrer kan fremstilles industrielt enten

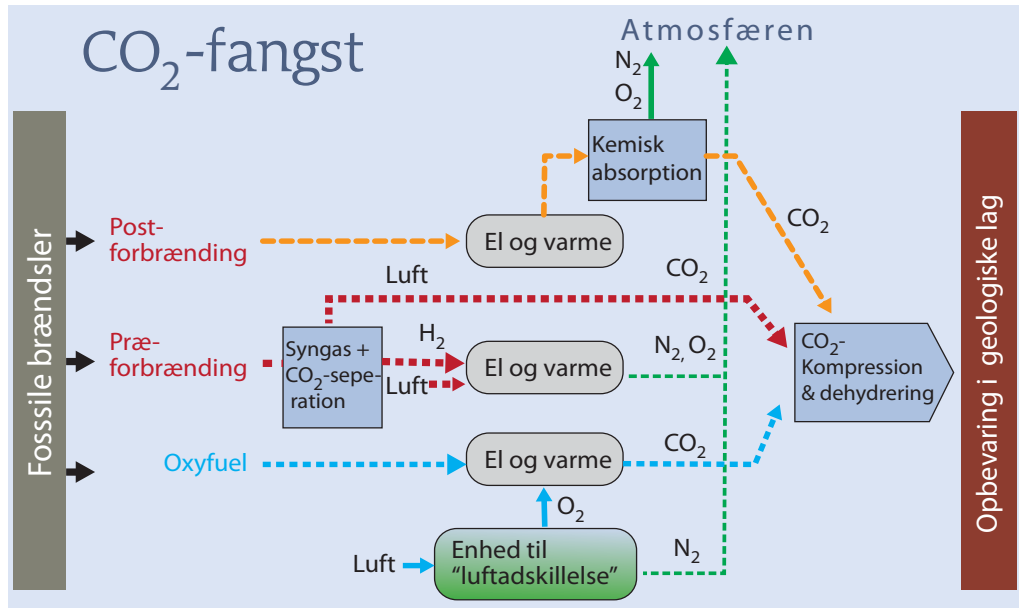
ved kemisk syntese, fermentering eller ved hydrolyse af proteiner, der som bekendt er en grundbestanddel i alle levende organismer. Alt andet lige er det sandsynligt, at der kan udvikles en eller flere teknikker baseret på aminosyrer, som er væsentligt mindre miljømæssigt problematiske sammenlignet med de solventer, man hidtil har brugt. Dels fordi aminosyrerne er naturligt forekommende stoffer, der er stabile i iltholdig atmosfære (hvilket er vigtigt da røggas indeholder ilt) dels, fordi der er et stort antal mulige kandidater til CO<sub>2</sub>-fangere blandt aminosyrerne. De mange valgmuligheder giver rigtig gode chancer for, at man kan finde en eller flere aminosyrer, der er velegnede.

Der er imidlertid brug for megen forskning endnu. Både med hensyn til at sikre, at der ikke er utilsigtede følgevirkninger ved at bruge aminosyrer, og at de fysiske og kemiske egenskaber af aminosyrerne passer til de forhold, der eksisterer i forbindelse med efterbehandling af røggassen. I de forskellige pilotforsøg, som foregår rundt omkring lige nu, har man typisk en processtemperatur omkring 120 °C. Det lyder jo umiddelbart som skrap kost for organiske forbindelser som aminosyrer, men faktisk ved man fra biokemien, at en del aminosyrer godt kan tåle så høje temperaturer. Nogle af de aminosyrer, der ikke kan klare så høje temperaturer, kan muligvis alligevel være kandidater, hvis temperaturen sænkes lidt.

Det er alt sammen noget jeg kigger på i min forskning ved Center for Energy Resources Engineering (CERE) ved DTU.

**Kompromisets kunst**

For at forstå fordelene ved aminosyrerne i forbindelse med kemisk absorption, må vi mere generelt kigge på, hvilke egenskaber, man ønsker sig af sit solvent. For det første skal det naturligvis have en god evne til at fange CO<sub>2</sub> – det skal både kunne indfange en stor mængde i forhold til sit eget



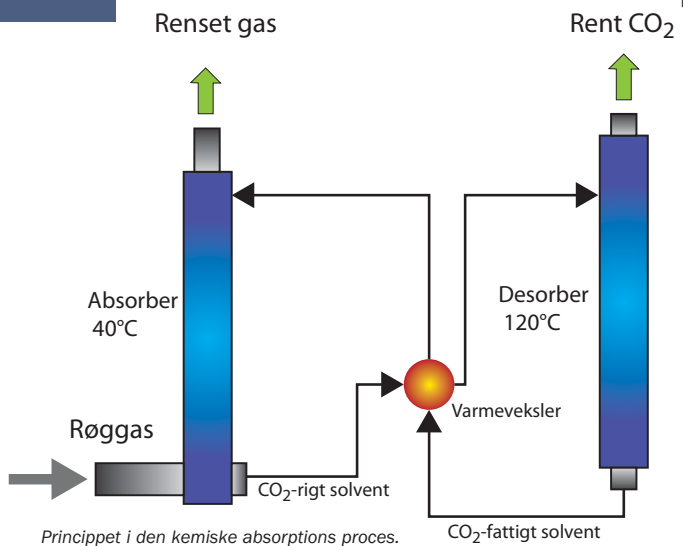
Der er tre hovedgrupper inden for CO<sub>2</sub>-fangst. Enten fangst før selve forbrændingen (Præ-forbrænding) eller efter (Post-forbrænding), mens Oxyfuels er en helt selvstændig teknologi, hvor man ændrer selve forbrændingen. De teknikker, som er længst fremme, hører til i gruppen af Post-forbrænding ved hjælp af kemisk absorption, og CO<sub>2</sub>-fangst med aminosyrer er med i denne gruppe.

**Kemisk absorption af CO<sub>2</sub>**

Hovedbestanddelene af absorptionsanlægget er to ståltårne med en højde af ca. 60-80 meter. Tårnene kaldes henholdsvis absorber og desorber. Den CO<sub>2</sub>-holdige røggas fra kraftværket sendes ind i absorberen, hvor den møder solventet. Temperaturen i absorberen er 40 grader celsius, og ved denne temperatur binder CO<sub>2</sub> i gassen sig kemisk til solventet. Resultatet er en rensset gas, næsten helt fri for CO<sub>2</sub>, som kan sendes ud i atmosfæren. Solventet i absorberen, som nu har bundet CO<sub>2</sub> til sig, pumpes over i desorberen, som har en temperatur på 120 grader celsius. Ved denne temperatur frigives CO<sub>2</sub> fra solventet, og resultatet bliver et CO<sub>2</sub>-fattigt solvent, samt en ren CO<sub>2</sub>-gas, som kan komprimeres og transporteres ned i undergrunden, hvor den gemmes væk. Alternativt kan CO<sub>2</sub>-gassen benyttes til forskellige formål.

**Kemien bag kemisk absorption**

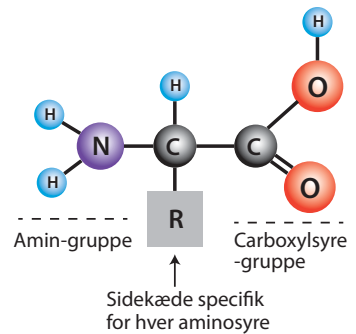
Kemisk absorption af CO<sub>2</sub> fra røggas er baseret på den kemiske reaktion mellem CO<sub>2</sub> og et opløsningsmiddel, som regel en vandig opløsning af aminer (f.eks. alkanolaminer eller aminosyrer). Det er helt afgørende for metoden, at reaktionen kan gå begge veje. Det er temperaturen, som afgør, hvilken vej reaktionen forløber. Ved lav temperatur (Ca. 40 grader celsius) absorberer amin-opløsningen kuldioxid, og ved opvarmning



(til ca.120 grader celsius) frigives den fra opløsningen igen. Afhængig af typen af amin, der benyttes, vil en række reaktioner være involveret i absorptionen af CO<sub>2</sub>. For aminosyre-salte kan absorptionsreaktionen ofte overordnet beskrives således:

$$CO_2 + RNH_2 + KOH \rightarrow RNHCOOK + H_2O$$

Aminosyren er angivet som RNH<sub>2</sub>: Det ses, at kaliumhydroxid (KOH) også indgår som reaktant i processen, hvilket betyder, at det er kalium-saltet af aminosyren, der er den aktive komponent, der reagerer med CO<sub>2</sub>.



Strukturen af en aminosyre. En aminosyre er et molekyle som indeholder både en amin-gruppe og en carboxylsyre-gruppe. I strukturen repræsenterer R en sidekæde, som er specifik for hver aminosyre.

## Oxyfuel-processen

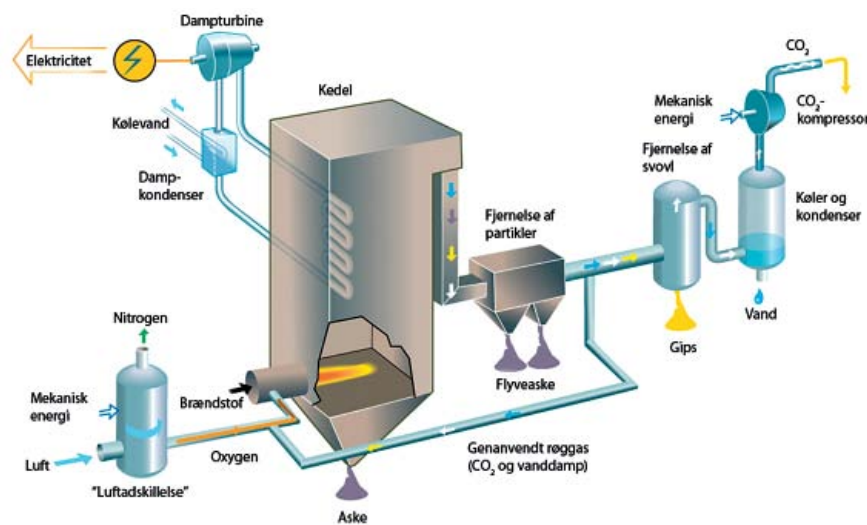


Illustration: Vattenfall, www.kjell-design.com.

En mere radikal måde at undgå for megen CO<sub>2</sub> fra kulfyrede kraftværker end ved at rense røgen, er at omlægge selve forbrændingsprocessen. Her samler interessen sig om den såkaldte oxy-fuel teknik.

Kul består overvejende af kulstof. Under forbrændingen af kullene trækkes luft til. Hovedbestanddelene i atmosfærisk luft er kvælstof (ca. 78 %) og ilt (ca. 21 %). Med andre ord udgør kvælstof og kvælstofholdige forbindelser en meget stor del af røggassen på kraftværket. Det gør det svært at få fat i CO<sub>2</sub>.

Forestiller man sig, at luften bliver erstattet af ren ilt, får man et restprodukt, der er let at

have med at gøre. Nemlig CO<sub>2</sub>, vand og ilt. Vandet kan man kondensere ud, iltten kan man separere fra, hvorefter CO<sub>2</sub> kan komprimeres og pumpes ned i undergrunden. Desværre er tingene ikke så enkle, for hvis man virkelig erstattede luften med 100 % ilt, ville temperaturen i kedlen stige til flere tusinde grader. Det ville udstyret slet ikke kunne holde til.

I stedet interesserer man sig for forskellige koncepter, hvor iltten blandes med CO<sub>2</sub> fra røggassen, som ledes tilbage til kedlen. Nettoresultatet bliver, at iltindholdet øges fra de normale 21 % til 28-30 %. Dermed holder forbrændingstemperaturen sig

på et niveau, som udstyret kan tåle. Det bør nævnes, at kul også indeholder lidt kvælstof og svovl, hvilket giver problemer i oxy-fuel processen, idet røggassen indeholder tilsvarende mængder svovloxider og kvælstofoxider.

Det er muligt, at oxy-fuel eller lignende teknikker bliver fremtidens bud på klimavenlig kulkraft. Men da det vil kræve en radikal omlægning af produktionen på kraftværkerne, er der god grund til at interessere sig for andre teknikker, der er lettere at indpasse på de eksisterende kraftværker inden for en kortere tidshorisont – f.eks. vha. kemisk absorption.

volumen, og kunne indfange det hurtigt. Omvendt må solventet heller ikke binde CO<sub>2</sub> alt for godt – senere i processen skal man jo frigøre CO<sub>2</sub> igen, således at fangstredskabet bliver klar til ny indsats. Endelig skal solventet være stabilt, så man ikke mister uforholdsvist meget af det før, under og efter selve CO<sub>2</sub>-fangsten.

Da dette er mange krav – hvoraf nogle endda er modsatrettede! – findes der ikke noget solvent, som opfylder dem alle perfekt. Det gælder om at finde det bedst mulige kompromis. De fleste teknikker til at indfange CO<sub>2</sub>, som baserer sig på kemisk absorption, anvender en vandig opløsning af aminer som solvent. Aminer er organiske

forbindelser afledt af ammoniak, NH<sub>3</sub>, typisk bruges såkaldte alkanolaminer. Kemisk absorption af CO<sub>2</sub> med alkanolaminer er den klart mest afprøvede og veldokumenterede teknologi, og den er bestemt fortsat med i den vifte af teknologier, som har mulighed for at blive fremtidens capture-teknologi.

### Problemer ved traditionel metode

Når der forskes så meget i alternative solventer skyldes det, at man er blevet opmærksom på især to ulemper ved alkanolaminer.

For det første er prisen. I sin nuværende udgave af teknikken anslås det, at den i sig selv vil gøre elektricitet ca. 25 pro-

cent dyrere. Det er naturligvis i høj grad et politisk spørgsmål, hvor høj en merpris på strøm, vi vil acceptere for at undgå yderligere opvarmning af kloden. Men umiddelbart virker en merpris i den størrelse som en barriere. Her skal man også tænke på, at ud over udgiften til selve fangsten vil det koste noget at få deponeret CO<sub>2</sub> i undergrunden. Desuden er det – netop fordi alkanolaminer er så gennemprøvet en teknologi – alt andet lige mindre sandsynligt, at man kan finde procesforbedringer, der kan bringe omkostningerne ved teknologien væsentligt ned.

For det andet har det vist sig, at iltten i røggassen fra kraftværker har en tendens til at

nedbryde alkanolaminer. Det er i sig selv uhensigtsmæssigt, fordi man så taber noget af sit solvent, så man får en ekstra udgift. Værre er det imidlertid, at flere af nedbrydningsprodukterne er ganske kemisk reaktive og giftige. Hvis man ikke får disse problemer løst, risikerer man med andre ord at skabe et nyt miljøproblem, især for beboerne i nærheden af kraftværket. Det kan bestemt ikke udelukkes, at man kan finde tekniske løsninger på disse problemer, men alligevel er der gode grunde til at overveje alternativer til alkanolaminer.

### Nedkølet ammoniak har førertrøjen

Langt fremme lige nu er en teknik, hvor man bruger en vandig opløsning af ammoniak som solvent. Desværre kan man ikke bruge et sådant solvent umiddelbart, fordi ammoniakken ville fordampe. Man er derfor nødt til at bruge en nedkølet opløsning af ammoniak – teknikken omtales normalt som *Chilled Ammonia*. Nedkølingen skaber naturligvis en række tekniske udfordringer i håndteringen samt ekstra omkostninger. Og det er en af grundene til, at man interesserer sig for alternativer som netop aminosyrer. Selvom jeg nok er farvet af, at det er emnet for min egen forskning, så vil jeg alligevel vove den påstand, at teknikken med aminosyrer som solvent, allerede har vist sig så interessant, at den lige nu ligger på andenpladsen i feltet, kun et nøk efter *Chilled Ammonia*-teknikken.

### Forsøg med aminosyrer som CO<sub>2</sub>-fangere

De første videnskabelige artikler, der foreslog brug af aminosyrer til formålet, kom kort efter årtusindskiftet. Siden er der opstået et stort antal forskningsprojekter. På grund af de store kommercielle interesser i området er det desværre ikke alle resultater, som bliver offentliggjort. Derfor er vi, der forsker i området, ofte henvist til enten at udføre vore egne

forsøg eller hente inspiration i ældre videnskabelige artikler, som ikke blev skrevet med tanke på klimaproblemstillingen.

Ligesom med alkanolaminer og "chilled ammonia" bruger man aminosyrerne i en vandig opløsning. Man bruger i øvrigt ikke de rene aminosyrer, men derimod salte af aminosyrerne.

Min forskning koncentrerer sig om at udvælge og karakterisere egnede CO<sub>2</sub>-fangere blandt de mange mulige aminosyrer. Alle aspekter af CO<sub>2</sub>-fangsten inddrages. Således ser jeg både på stabiliteten, hvor stor en mængde i forhold til eget volumen opløsningen kan binde, hvor hurtigt den gør det, samt hvor nemt det er at frigøre den bundne CO<sub>2</sub> igen.

Mine forsøg viser, at ved de høje koncentrationer af aminosyrerne, som vil være nødvendige til formålet, sker der ofte en udfældning under reaktionen med røggassen. Det er ikke nødvendigvis en dårlig ting, for studier tyder på, at denne udfældning faktisk øger kapaciteten af CO<sub>2</sub>-fangsten. Imidlertid ændrer udfældningen hele processen ganske meget. Først og fremmest får man nogle udfordringer med at sikre, at bundfald ikke får udstyret til at stoppe til. Der er dog intet, der tyder på, at udfordringerne er uoverstigelige, og der foregår fortsat intensiv forskning. Således har den hollandske virksomhed TNO allerede taget patent på en metode til at tackle problemet.

Som jeg ser det, er flere aminosyrer særdeles interessante bud på at kunne leve op til de tekniske krav, man må stille til stoffer, der skal fungere som fangstredskaber for CO<sub>2</sub>. Vel at mærke uden at man skaber sig andre problemer i form af dannelse af nye giftige forbindelser.

### Kilopris vil falde drastisk

Et helt andet spørgsmål er så, om den eller de mest velegnede aminosyrer vil kunne fremstilles i tilstrækkelig mængde til en pris, som betyder, at forbrugerne fortsat har råd til at



Foto: Colourbox

Forbruget af kul stiger på verdensplan. Derfor er CO<sub>2</sub>-fangst fra røggassen vigtig.

## CO<sub>2</sub>-fangst – en gammel teknik

Med bekymringen for klimaændringer er interessen for at rense røg for CO<sub>2</sub> steget betragteligt. Selvfølgelig er det at trække CO<sub>2</sub> ud af en blanding med andre gasser ved hjælp af kemisk absorption er dog på ingen måde nyt. Længe inden der var nogen snak om drivhuseffekten, har der været behov for at fremstille CO<sub>2</sub>, som er en nyttig råvare i forskellige industrielle sammenhænge, blandt andet i den kemiske industri. Man kan også tænke på ubåde, hvor mandskabets udånding af CO<sub>2</sub> efterhånden vil gøre atmosfæren umulig at opretholde livet i. Ubåde har således anlæg, der benytter kemisk absorption til at rense luften for CO<sub>2</sub>.

betale deres el-regning. Det ligger strengt taget uden for emnet for min forskning, men jeg kan helt generelt sige, at der ikke er noget, som på forhånd udelukker, at denne form for CO<sub>2</sub>-fangst kan være økonomisk konkurrencedygtig med andre teknikker.

I dag er der ekstreme variationer i kiloprisen for forskellige typer af aminosyrer, men disse forskelle afspejler i høj grad, at nogle aminosyrer fremstilles i meget lille mængde, andre i større. I det øjeblik en eller flere aminosyrer udpeges som ideel til CO<sub>2</sub>-fangst, og der derfor potentielt vil komme en verdensomspændende efterspørgsel

i stor målestok, vil store virksomheder naturligvis kaste sig ud i udfordringen med at producere stoffet mest muligt effektivt. Her vil de have en vifte af såvel kemiske som bioteknologiske metoder til rådighed. Dermed er det helt sikkert, at kiloprisen vil falde drastisk.

Om prisen vil komme ned på et niveau, hvor metoden viser sig billigere end de konkurrerende teknikker, er endnu for tidligt at sige. Desuden vil det naturligvis blive afgørende, hvordan markedsprisen på at afværge CO<sub>2</sub>-udledning vil udvikle sig, blandt andet som et resultat af de internationale klimaforhandlinger. ■

### Om forfatteren



Benedicte Mai Lerche er ph.d.-studerende ved Center for Energy Resources Engineering (CERE) ved DTU.  
Tlf.: 4525 2821  
E-mail: bml@kt.dtu.dk

Ph.d.-projektet omtalt i denne artikel er delvist finansieret af DONG Energy og Vattenfall A/S Heat Nordic. Vejlederne på projektet er lektor Kaj Thomsen og professor samt centerdirektør Erling H. Stenby.

### Videre læsning

Det internationale energiagentur (IEA) om carbon capture: [www.iea.org/ccs/](http://www.iea.org/ccs/)

Hvad er Carbon Capture and Storage (CCS)? Baggrundspapir fra Vattenfall: [www.vattenfall.dk/da/file/fepu-hvad-er-ccs\\_7841104.pdf](http://www.vattenfall.dk/da/file/fepu-hvad-er-ccs_7841104.pdf)

Tema om CCS hos World Resources Institute: [www.wri.org/project/carbon-capture-sequestration](http://www.wri.org/project/carbon-capture-sequestration)