

TEMP

TIDSSKRIFT FOR HISTORIE

NYE TEKNOLOGIHISTORIER

TEKNOLOGIFORESTILLINGER

UNDERGRUNDEN

TIDSLIGHEDER

FOTOGRAFIER

SLÆDEHUNDE

KØLESKABE

IMPERIER

PIRATER

MILJØ



UNDERGRUNDEN SOM KLIMAPOLITIK

GEUS og legitimeringen af CO₂-lagring i Danmark 1990-2005

Sebastian Lundsteen og Niklas Olsen

I takt med klimakrisens eskalering har teknologiske løsninger fået en stadig mere central rolle i dansk klimapolitik. *Carbon Capture and Storage* (CCS), hvor CO₂ fra røggas opfanges og lagres i undergrunden, indtager i dag en fremtrædende position og er udpeget som hovedredskab til at nå målet om klimaneutralitet i 2050. Ud over en betydelig udvidelse af de politiske rammer afsatte en klimahandlingsplan fra 2023 således 39 milliarder kroner til forskning, infrastruktur og industriel udvikling af CCS. Det er en teknologisk satsning uden historisk sidestykke i Danmark.¹

Denne artikel undersøger, hvordan CCS gik fra at være en marginal og usikker teknologi til at blive den primære satsning i dansk klimapolitik. Med udgangspunkt i begrebet *epistemisk infrastruktur* undersøger vi den statslige sektorforskningsinstitution De Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønlands (GEUS) rolle i at producere, konsolidere og promovere teknologien. Vi viser, hvordan GEUS både opbyggede og anvendte sin viden til at gøre CCS tænkelig, legitim og politisk attraktiv. Det skete gennem en opbygning af epistemiske infrastrukturer fra 1990 til 2005. Begrebet *epistemisk infrastruktur* omfatter i vores forståelse både videnspraksisser såsom modeller, kort og data samt institutionelle og internationale netværk, hvori viden cirkuleres og autoriseres. Konkret analyserer vi den vidensproces, der udviklede sig omkring en usikker og ukendt teknologi, og beskriver de tidlige aktiviteter, som bidrog til at gøre CCS til en af dansk klimapolitikens store satsninger.

Fangst og transport af CO₂ rummer betydelige tekniske, økonomiske og logistiske udfordringer, men i denne artikel har vi særlig fokus på lagring af to grunde. For det første er underjordisk deponering en uundværlig del af CCS-værdikæden. Uden lagring, ingen fangst. GEUS indtager en nøgleposition i vurderingen af CO₂-lagrings muligheder og begrænsninger. Teknologien er forbundet med betydelige videnskabelige usikkerheder, herunder langtidsmonitorering, miljøkonsekvenser ved kollaps af lagre og den faktiske lagringskapacitet. Især kapaciteten er en udfordring, da både globale og nationale potentialer har vist sig at være markant overvurderede.² En central opgave for GEUS er derfor at etablere et solidt videnskabeligt grundlag, hvis CCS skal kunne overvejes som en løsning.

For det andet illustrerer GEUS' promovering af CO₂-lagring et centralt aspekt af *økologisk modernisering*. Begrebet beskriver det dominerende paradigme i dansk

1 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: "Klimahandlingsplan"; Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: "Klimahandling".

2 Gidden m.fl.: "A Prudent Planetary"; Bredsdorff: "Danmark har voldsomt".

klimapolitik og politikkenes snævre fokus på klimaløsninger gennem økonomiske og teknologisk-videnskabelige domæner.³ CCS fremstilles oftest som nødvendig og neutralt,⁴ men er samtidig en teknologi, der understøtter fortsat fossil produktion frem for udfasning.

Artiklen viser, hvordan GEUS gennem opbygningen af epistemiske infrastrukturer fra 1990 til 2005 gjorde CCS til en plausibel og legitim klimaløsning. Analysen beskriver processen i tre faser: etableringen af undergrunden som vidensobjekt, konsolideringen af epistemisk autoritet og endelig den aktive promovning af CCS ved at fremstille den som teknisk gennemførlig og som et politisk neutralt alternativ til reduktioner eller beskatning. Vores studie slutter i 2005, da dette år markerer et skifte i den internationale forskning om CCS i forbindelse med FN's Klimapanel (IPCC) udgivelse af en særskilt rapport om teknologien. Rapporten anses bredt for at signalere et nyt paradigme i udviklingen og forståelsen af CCS.⁵ Ved at fokusere på perioden 1990 til 2005 viser vi, hvordan videnskabelige institutioner former klimapolitiske muligheder og teknologiske fremtider.

ØKOLOGISK MODERNISME, EPISTEMISK INFRASTRUKTUR OG TEKNOLOGISK HISTORIE

Ifølge forskningen udgør kombinationen af teknologi og økonomisk vækst et centralt grundlag for økologisk modernisering, og CCS betragtes her som en teknologi, der understøtter dette dominerende klimapolitiske paradigme. Da Danmark har reduceret sine CO₂-udledninger drastisk ved en omfattende elektrificering af energisystemet, fremstår CO₂-lagring i denne optik som en attraktiv forretningsmulighed. Ifølge GEUS og Klima og Forsyningsministeriet er der kapacitet i undergrunden til flere århundreders danske udledninger, og Danmark kan dermed potentielt skabe indtægter ved at importere og deponere andre landes kuldioxid. For eksempel har den danske stat allerede indgået en række samarbejdsaftaler med Frankrig, Belgien og andre skandinaviske lande.⁶ Denne udvikling gør GEUS til en nøgleaktør i de danske planer om CO₂-lagring. Samtidig viser den, hvordan økologisk modernisering forudsætter aktiv deltagelse fra videnskabelige institutioner.

En klimapolitik, der er baseret på teknologiske satsninger, kan potentielt udelukke andre mere effektfulde handlemuligheder. Flere studier viser, at dansk klimapolitik beror på en teknologisk optimisme, hvor videnskaben bidrager til at få teknologier som CCS til at fremstå nødvendige, neutrale og gennemførlige. I denne sammenhæng præsenteres CCS som domesticeret, idet teknologien fremstilles som noget, der kan kontrolleres og styres hen imod det tilsigtede mål, og hvor eventuelle usikkerheder og risici kan håndteres.⁷ Teknologisk tiltro er en central del af ideen om grøn vækst,

3 Blok: "Et Nyt Klima"; Ejsing m.fl.: "Dansk klimapolitik".

4 Lefstad m.fl.: "Burying Problems?", 7-8.

5 Evar m.fl.: *The Social Dynamics*, 154-55; Fressoz: "In Tech We Trust", 9.

6 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: "Skandinavisk samarbejde"; Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: "Danmark, Flandern og Belgien".

7 Hougaard og Lund Christiansen: "Domesticating Technology", 5.

der samtidig ”forgronner det industrialiserede regime” og bevarer forestillingen om et grønt og progressivt Skandinavien.⁸ Samtidig fungerer CO₂-lagring som en teknologi, der muliggør fortsat fossilintensiv produktion, fordi den håndterer – frem for at reducere – CO₂-udledninger. Dermed kan CCS forlænge afhængigheden af fossil energi snarere end at fremme en udfasning eller erstatning med vedvarende energikilder som vind og sol. Vi bidrager til denne litteratur ved at vise, hvordan GEUS har spillet en central rolle i at skabe optimisme om CO₂-lagring.

Artiklen anvender begrebet epistemiske infrastrukturer, som historikeren Paul Edwards i sin undersøgelse af international klimaforskning definerer som ”robust networks of people, artifacts, and institutions that generate, share, and maintain specific knowledge about the human and natural worlds.”⁹ Epistemiske infrastrukturer er en central forudsætning for, at en teknologi kan realiseres. De adskiller sig fra andre former for infrastruktur ved, at der først må skabes et vidensgrundlag, før den materielle infrastruktur kan udvikles og udbygges. Det betyder, at økonomiske, industrielle og politiske aktører har brug for et troværdigt vidensgrundlag for at kunne regulere, foretage borer, planlægge logistik samt etablere rørledninger og anlæg. Epistemisk infrastruktur er netop infrastrukturel, fordi den understøtter, generer, faciliterer, bevarer og overleverer viden om en teknologi. Begrebet fremhæver teknologi som en proces og synliggør de sociale, tekniske og politiske aspekter af en teknologis tilblivelse.

Videnskabs- og teknologihistorikere har længe analyseret teknologi og vidensproduktion som dele af større netværk og systemer. Teknologihistorikere har f.eks. vist, hvordan succesfulde teknologier er indlejret i forbundne og komplekse netværk, der formes af økonomiske, politiske og sociale faktorer.¹⁰ Teknologisk succes fremstår dermed som en multifacetteret proces, der omfatter en lang række faser, herunder opfindelse, innovation, skalering, vækst, tilpasning og implementering.¹¹ Flere videnskabshistorikere har også analyseret netværk omkring informations- og videnssystemer og sat dem i relation til industrielle, statslige, akademiske og militære institutioner.¹² Fælles for disse studier af vidensinfrastrukturer er, at de viser, hvordan ekspertise formes gennem sociale kredse, deltagelse og forbindelser.

I forlængelse af disse traditioner består vores bidrag i at undersøge udviklingen af en konkret teknologi gennem en ekspertenheds aktiviteter, herunder projekter, konferencer og videnscirculation. Desuden kobler vi GEUS’ aktiviteter til deres konkrete output for at spore, hvordan institutionen bevægede sig fra vidensproduktion til promovning af CSS. En sådan infrastrukturel analyse af GEUS’ vidensarbejde bidrager specifikt til det teknologihistoriske forskningsfelt ved at undersøge betydningen af epistemiske infrastrukturer for teknologiers realisering. Et fokus på infrastrukturer synlig-

8 Lefstad m.fl.: ”Burying Problems?”, 7-8.

9 Edwards: *A Vast Machine*, 17.

10 Hughes: ”The evolution”, 51-82.

11 Edgerton: *The Shock*.

12 Flatø: ”Jet Set Science”, 4-5; Bowker: *Science on the Run*, 10-11.

gør oversete dimensioner, såsom konferencedeltagelse og etableringen af vidensbanker, og viser, hvordan institutionens viden blev omsat til en klimapolitisk løsning.¹³

1990-1995: UNDERGRUNDEN ETABLERES SOM VIDENSOBJEKT

GEUS blev etableret som Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) i 1888 som et midlertidigt projekt med henblik på at kortlægge den danske undergrund.¹⁴ I 1995 blev DGU fusioneret med Grønlands Geologiske Undersøgelse, og institutionen hører i dag under Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. Som sektorforskningsinstitution udfører GEUS forsknings-, udviklings-, og rådgivningsopgaver, der skal understøtte myndighedernes beslutningsgrundlag, samtidig med at institutionen leverer viden og data til erhvervslivet. Sektorforskningen er dermed politisk styret, men rummer også en vidensproduktion, der understøtter erhvervslivets interesser.¹⁵

GEUS' arbejde spænder over en lang række af vidensfelter, herunder råstoffer, drikkevand og deponering.¹⁶ Nogle områder har dog større politisk og økonomisk betydning end andre, og olie- og gasforekomster udgør et centralt fagområde. Konkret identificerer og vurderer GEUS undergrundsformationer med højt potentiale for olie- og gasproduktion og spiller dermed en vigtig rolle i processen med at tildele licenser til udvinding.

Tidlige samarbejder med selskaber som Danish American Prospecting Company gjorde det muligt for GEUS at udvikle systematiske undersøgelsesstrategier og opbygge borearkiver, som både etablerede den danske undergrund som et nyt vidensobjekt og genererede værdifulde data. GEUS deltog i den første olieboring i den danske del af Nordsøen i 1966, men på grund af overenskomststridigheder måtte institutionens geologer ikke medvirke i borer fra 1968 til 1980.¹⁷ I denne periode udviklede GEUS i stedet en konsulentstrategi, så institutionen kunne assistere de involverede selskaber, samtidig med at dansk lovgivning sikrede, at indsamlede data om undergrunden blev forbeholdt GEUS.¹⁸ Udsigten til olie- og gasfund gav undergrunden en ny betydning, samtidig med at GEUS' ekspertise gjorde institutionen til en autoritet, der både kunne uddele tilladelser og besad central viden om undergrunden. Ifølge GEUS er geologi *the heart of the matter* i verdens største industri – olieindustrien – og konsulentrollen betød, at vidensproduktionen om undergrunden foregik i tæt samarbejde med olieselskaberne, hvilket skabte en omfattende udveksling af ekspertise mellem den fossile industri og GEUS.¹⁹

Mens olie- og gasproduktion markerede et paradigmeskift i vidensproduktionen om undergrunden, gav oliekrisen i 1970'erne anledning til at udvikle et beslægtet,

13 Vi forstår databanker som en større informationsinfrastruktur, der er mindre centraliseret og organiseret end f.eks. databaser.

14 På trods af GEUS' navneskift igennem tiden, har forfatterne valgt at betegne dem som GEUS for at bevare konsistens.

15 Isaksen: "Forskningsudvalget".

16 Haugaard Nielsen m.fl.: *Vi, de jordbundne*.

17 Haugaard Nielsen m.fl.: *Vi, de jordbundne*.

18 Haugaard Nielsen m.fl.: *Vi, de jordbundne*.

19 Sørensen: "Olie og gasefterforskning" 2; Marcussen og Hultberg: *Olie og gas*, 4.

men anderledes paradigme: gaslagring. Efter oliekrisen i 1973 blev de danske myndigheder opmærksomme på, at lagring af gas i underjordiske formationer kunne styrke energiforsyningen og dermed reducere afhængigheden af eksterne leverandører. I slutningen af 1980'erne etablerede Dansk Olie og Naturgas (DONG), det senere Ørsted, først et gasdepot i Lille Thorup og dernæst et i Stenlille. GEUS spillede her en central rolle ved at udpege egnede områder på baggrund af undersøgelser, der pegede på optimale forhold for underjordisk gaslagring.²⁰ Lagringen af gas betød, at undergrunden som et vidensobjekt fik en ny form og betydning sammenlignet med f.eks. affaldsdeponering, idet ekspertisen nu tjente et energirelateret formål, bl.a. at styrke forsynings-sikkerheden.²¹ Dermed adskilte gaslagringen sig fra tidligere aktiviteter, hvor undergrunden primært blev forstået som en ressource knyttet til udvinding. Det nye fokus på oplagring af flygtige materialer som gas betød desuden, at GEUS opbyggede viden, der senere kunne anvendes i andre sammenhænge. De eksisterende arkiver og institutionens ekspertise kan forstås som en epistemisk infrastruktur, hvor undergrunden allerede var etableret som et særligt vidensobjekt i forbindelse med fossil produktion.

GEUS spillede altså en central rolle i vidensproduktionen om gaslagring i den danske undergrund. Det krævede imidlertid politisk motivation at skabe interesse for CO₂-lagring. I 1987 udkom rapporten *Vor Fælles Fremtid*, hvori den norske politiker og kommissionsleder Gro Harlem Brundtland satte CO₂-udledninger på den internationale politiske dagsorden. Centralt stod begrebet bæredygtig udvikling, der forsøgte at afkoble økonomisk vækst fra CO₂-udledninger gennem teknologisk innovation. Brundtland-rapporten adresserede en række stigende miljø- og udviklingsproblematikker, herunder global opvarmning, og markerede bl.a. begyndelsen på en række nye nationale og internationale klimapolitiske initiativer.²²

I international sammenhæng førte Brundtland-rapporten til etableringen af JOULE II-projektet i 1990. JOULE II var en international arbejdsgruppe, der skulle finde tekniske løsninger på det stigende kuldioxidproblem, som ikke byggede på energieffektivisering eller omlægning af energisystemer. Projektets søgen efter alternative tekniske veje, ud over de allerede kendte strategier som energibesparelser, effektiviseringer eller mindre forurenende energikilder, betød, at CO₂-lagring for første gang blev foreslået som et muligt svar på de stigende udledninger. En central motivation for udviklingen af CCS var teknologiens potentiale for at opretholde en vækstbaseret økonomi og samtidig håndtere udledninger, hvilket lå i klar forlængelse af Brundtlands vision.²³ De internationale strømninger fik også national betydning, da GEUS i 1990 blev en del af JOULE II-projektet.

Projektet var et EF-faciliteret samarbejde mellem Det Internationale Energiagentur og det britiske selskab British Coal, som havde til formål at undersøge underjordisk CO₂-deponering. Arbejdsgruppen skulle samle og syntetisere erfaringer fra seks europæiske lande med henblik på at kortlægge muligheder og udfordringer med

20 Albers: *Overvågning*.

21 Haugaard Nielsen m.fl.: *Vi, de jordbundne*.

22 Brundtland-kommissionen: *Our Common Future*; Dahl: "The Brundtland Report in Denmark".

23 Anker: "A Pioneer Country?"

onshore og offshore lagring. På foranledning af ingeniør Jan Daub fra Energistyrelsen blev sammenslutningen af jysk-fynske elkraftværker, Elsam, inviteret til at deltage i en række forstudier i JOULE II-projektet sammen med GEUS.²⁴ Brundtland-rapportens indflydelse havde fået KV-regeringen til at varsle en miljøafgift på 100 kroner pr. ton udledt CO₂, og Elsam begyndte derfor at undersøge alternative løsninger som undergrundslagring.²⁵ I denne sammenhæng fremstod et samarbejde med GEUS som en oplagt mulighed.

GEUS fungerede som den primære epistemiske autoritet, da undergrunden blev etableret som et særegent vidensobjekt i forbindelse med olie- og gasproduktion. Konsekvensen var, at institutionens arbejde med at undersøge undergrunden og levere det faglige grundlag for licenstilldeling skabte et tæt og varigt samarbejde med den fossile industri. Efter oliekrisen i 1973 skiftede GEUS' opmærksomhed fra indvinding til lagring. De tidligere erfaringer med først olieudvinding og senere gaslagring gav institutionen en unik mulighed for at opbygge en vidensinfrastruktur i form af arkiver og databanker, som blev et centralt vidensgrundlag for arbejdet med CO₂-lagringsprojekter. Derudover udgjorde GEUS' samarbejder med olie- og gasindustrien et værdifuldt netværk, som skulle vise sig afgørende i flere projekter. Kombinationen af dette netværk og den begyndende epistemiske infrastruktur betød, at GEUS fik adgang til større forskningsprojekter sammen med olieindustrien, hvor teknologien *Enhanced Oil Recovery* (EOR) bidrog til at intensivere interessen for CO₂-lagring. EOR er en velkendt teknologi udviklet af den fossile industri, hvor CO₂ injiceres i undergrundsformationer for at lette adgangen til svært tilgængelige olieforekomster.

Tilsammen blev både Brundtland-rapportens fokus på tekniske løsninger, JOULE II-projektet og den varslede CO₂-afgift afgørende for undersøgelserne af de reelle muligheder for CO₂-deponering. Dette skete, selv om teknologien fortsat be fandt sig på et stadie, som Jan Daub beskrev som et "tankeeksperiment."²⁶ Ikke desto mindre var interessen for CCS relativt stor blandt ingeniører, og i marts 1991 inviterede det ingeniørfaglige Brændsel- og Fyringstekniske Selskab politikere og eksperter til et møde om fangst og lagring af kuldioxid. På dette tidspunkt blev adskillelsen af CO₂ fra røggasser anset som en teknisk mulig, men en meget omkostningstung løsning, mens deponering udgjorde en langt større udfordring, især på grund af manglende viden om skala, tidsperspektiver og risiko for lækage. Nordsøen blev fremhævet som en oplagt lagringsmulighed, bl.a. fordi eventuelle uheld her blev vurderet til at have lavere risiko for at udløse offentlig opmærksomhed og politisk kritik. Desuden kunne CO₂-injektion øge effektiviteten i olieproduktionen og potentielt generere ekstra indtægter på 100-200 milliarder kroner – et aspekt, der vakte interesse hos Mærsk Olie og Gas.²⁷

Med JOULE II-projektet opstod der mulighed for at etablere en egentlig epistemisk infrastruktur, idet GEUS som data-genererende ekspertinstitution udgav en

24 Elsam: "Referat"; Holloway og British Geological Survey: *The Underground; Ingeniøren*, 25.01.1991: "Vejen ud".

25 Pedersen: "Miljøøkonomiske ideer"; Folketinget: "Indførelse af en bredere baseret miljøafgift".

26 *Ingeniøren*: "Vejen ud".

27 Tombjerg: "Olieindvinding".

række rapporter sammen med Elsam i 1992-1993.²⁸ Den første større undersøgelse af underjordisk CO₂-lagring i Danmark havde konkluderet, at datagrundlaget var utilstrækkeligt. Ikke desto mindre vurderede GEUS, at en række undergrundsstrukturer kunne være relevante for Elsam, selv om den væsentligste udfordring for potentiel CO₂-lagring var risikoen for konflikter med allerede eksisterende gasdeponeringsprojekter.²⁹ Efterfølgende rapporter omfattede beregninger af muligheder for lagring både på land og i Nordsøen og inddrog desuden forhold som sikkerhedsafstand til beboelse, miljørisici og økonomiske omkostninger.³⁰

Overordnet vurderede GEUS, at den danske undergrund var særdeles velegnet til CO₂-lagring, men at teknologien på daværende tidspunkt var for omkostningstung og vanskelig at skalere. GEUS pegede desuden på, at onshore lagring var den mest sandsynlige mulighed, mens deponering i Nordsøen ville indebære betydeligt større udgifter til infrastruktur, anlæg og drift.³¹ Selv om GEUS fremhævede, at de danske geologiske forhold var særdeles gunstige for gaslagring, vurderede institutionen, at der på daværende tidspunkt ikke fandtes stærke videnskabelige, økonomiske eller teknologiske incitamenter for CO₂-lagring. GEUS fremhævede særligt den omfattende mangel på solide data. Alligevel forhindrede den begrænsede viden ikke institutionen i at udpege flere områder med potentiale for CO₂-lagring. Selv om GEUS anvendte både ældre data og samtidige undersøgelser til at vurdere mulighederne for underjordisk lagring, var datagrundlaget fortsat for spinkelt til videnskabeligt at verificere, om undergrunden kunne modstå CO₂-lagring.³²

Resultatet af GEUS' aktiviteter fra 1990 til 1995 var, at undergrunden blev etableret som vidensobjekt gennem data, kort, modeller og estimater. Selv om GEUS havde erfaring med olieboringer og gaslagring, udgjorde CO₂-lagring et nyt videnskabskompleks, hvor forskellige repræsentationer – såsom billeder, modeller og målinger – fungerede som en vigtig legitimering af teknologien. Særligt lagringspotentialet, herunder vurderinger af kapacitet og forudsigelighed, udgør i dag et centralt argument i diskussionerne om teknologiens realisering. Ud over de modeller og billeder, der underbyggede potentialet, blev CO₂-lagring også fremstillet som mulig på baggrund af GEUS' tidligere vidensproduktion. GEUS fremhæver selv, at institutionen trak på mere end 100 års indsamlede geologiske data, hvilket blev betegnet som ”en geologisk hukommelse i funktion”.³³ På trods af denne vidensproduktion var der fortsat betydelig usikkerhed i forbindelse med CO₂-lagring.

GEUS' historiske rolle i olie- og gasproduktion havde skabt et vidensgrundlag, som kunne anvendes som ekspertise i arbejdet med CO₂-lagring. Samtidig udgjorde Brundtland-rapporten og de efterfølgende initiativer, herunder JOULE-II-projektet, et vigtigt startskud til etableringen af samarbejder med bl.a. Elsam. De første undersø-

28 Jacobsen: *CO₂-deponering*; Elsam: *Deponering*; Krom og Ipsen: *Deponering*.

29 Jacobsen: *CO₂-deponering*, 1.

30 Krom og Ipsen: *Deponering*, 4.

31 Elsam: *Deponering*.

32 Jacobsen: *CO₂-deponering*.

33 Haugaard Nielsen m.fl.: *Vi, de jordbundne*, 105.

gelser synliggjorde i højere grad en mangel på data og mange usikkerheder, end det skabte sikkerhed om lagringens potentiale, men gennem flere projekter med tilhørende rapporter, modeller og beregninger blev teknologien gradvist mere konkret. Denne vidensproduktion var i høj grad knyttet til fossilindustriens interesser, bl.a. i form af EOR, men bidrog samtidig til at skabe fundamentet for en mere konsolideret epistemisk infrastruktur.

1995-2000: KONSOLIDERING AF VIDENSKABELIG AUTORITET

Selvom undergrundslagring som vidensobjekt var etableret, var der stadig lang vej, før GEUS blev en ekspertinstitution, som andre aktører måtte navigere efter. Det betød, at yderligere undersøgelser og et større datagrundlag var nødvendige, før man kunne udtale sig om teknologiens plausibilitet, hvilket igen førte til nye samarbejder og projekter.

I 1995-1996 fortsatte GEUS sit samarbejde med Elsam i projektet ”Deposering af CO₂ i undergrunden”. Det resulterede i en række undersøgelser og rapporter og førte desuden til etableringen af en forsøgsstation ved et underjordisk gasdepot i Linde i Vestjylland. Projektets resultater betød, at GEUS videnskabeligt kunne legitimere CO₂-deponering i Danmark gennem geologiske, økonomiske og tekniske argumenter.³⁴ Undersøgelserne skabte på den måde et videnskabeligt fundament for lagring af CO₂ i undergrunden, som senere skulle vise sig værdifuldt. Aktiviteterne kan betragtes som tidlige eksempler på en formende epistemisk infrastruktur, hvor der på relativt kort tid blev iværksat flere forskningsprojekter og udarbejdet rapporter. Disse aktiviteter udvidede datagrundlaget og bidrog samtidig til at positionere GEUS som en ekspertinstitution.

Rapporter, akkumulerende data og etableringen af forsøgsstationer vidner om en gradvis udvidelse af den epistemiske infrastruktur, men projekternes resultater blev også formidlet på videnskabelige konferencer. Disse aktiviteter kan ses som en ny epistemisk forgrening, hvor GEUS’ arbejde opnåede validering og autoritet i den internationale forskningsverden. I 1995 præsenterede GEUS-forskere deres resultater på konferencen ”Greenhouse Gases: Mitigation Options”, der blev organiseret af International Energy Agency’s Green House Gas Programme (IEAGHG). Ifølge den franske videnskabshistoriker Jean-Baptiste Fressoz fungerer IEAGHG som en tænketank og de facto lobbyorganisation for CCS og omfatter oliegi-ganter som Statoil, BP, Chevron og Shell.³⁵ Deling af resultater er afgørende i al forskning, men ifølge Fressoz blev disse konferencer finansieret af industrier med betydelige interesser i at promovere en CO₂-håndteringsteknologi som CCS frem for teknologier, der sigter mod en udfasning af fossile brændsler, såsom vindenergi. GEUS’ deltagelse i sådanne konferencer var heller ikke et enkeltstående tilfælde. Institutionens forskere fremlagde bl.a. deres arbejde på den europæiske gaslobbys store konference EUROGAS 99.³⁶ Fossilindustriens tilstedeværelse på disse konferencer og dens interesse i teknologien er ikke i sig selv

34 Jacobsen m.fl.: *Deponering*.

35 Fressoz: ”In Tech We Trust”, 8.

36 Torp: ”SACS”, 5.

problematisk, men GEUS' deltagelse viser, hvordan den epistemiske infrastruktur kom i tæt berøring med en fossil lobby.

Mens et aspekt af den epistemiske infrastruktur bestod i international vidensdeling gennem konferencer, udgjorde internationale samarbejder et andet centralt element. Et eksempel er det norske gasfelt Sleipner, som fik væsentlig betydning for både GEUS og udviklingen af CCS-teknologien generelt. Sleipner var det første og største kommercielle, operationelle lagringsprojekt i Europa og har siden 1996 deponeret mere end 20 millioner tons CO₂. Sleipner-projektets hovedformål var EOR, men teknologien løste også et praktisk problem for Statoil, idet den gas, der blev indvundet fra feltet, indeholdt for høje koncentrationer af CO₂ til at kunne blive solgt på det europæiske marked. Med CCS-teknologien kunne gassen renses for CO₂, som derefter blev injiceret i undergrunden – samtidig med at injektionen forbedrede olie- og gasudviklingen.³⁷

Sleipner-projektet gav en vigtig mulighed for at opnå praktisk erfaring med CO₂-lagring, og GEUS blev på baggrund af sin ekspertise om Nordsøens undergrund inviteret til at deltage i forskningsaktiviteterne. GEUS' involvering i Sleipner medførte en udvidelse af det tekniske vidensgrundlag, idet institutionen blev videnspartner i det storstilede Saline Aquifer CO₂ Storage-projekt (SACS). Det var et treårigt, EU-støttet initiativ ledet af Statoil, som også omfattede en række andre store aktører fra olieindustrien, bl.a. Shell, BP og Exxon.³⁸ Selv om et overblik over projektets resultater viser, at GEUS' rolle var relativt begrænset, gav deltagelsen institutionen værdifuld erfaring og nye kontakter. Samtidig udvidede projektet GEUS' eksisterende vidensgrundlag ved at knytte institutionen tættere til offshore olie- og gasindustrien – i kontrast til tidligere landbaserede projekter. I denne forbindelse opnåede GEUS større indsigt i EOR som et centralt element i arbejdet med CCS. Den nye viden om undergrunden og om CO₂-lagring i relation til olieudvinding betød, at GEUS blev integreret i en konstellation, hvor olieindustrien i stigende grad drev teknologiens udvikling.³⁹ Projektet skabte en optimisme, der ikke kun knyttede sig til teknologiens udvikling, men også til dens økonomiske potentiale. Denne optimisme fandtes dog i højere grad i fossilindustrien end i FN's klimapanel (IPCC), der i 1995 vurderede CO₂-fangst som en både teknisk og miljømæssigt begrænset teknologi.⁴⁰

Mens GEUS havde etableret undergrunden som et vidensobjekt, blev denne type viden nu stabiliseret gennem samarbejder, forsøgsstationer, rapporter og konferencer. Samtidig skete der et skift i opfattelsen af teknologien, som bevægede sig fra at være et tankeeksperiment til at være en stadig mere realistisk løsning, omend den fortsat befandt sig på forsøgsstadiet i midten af 1990'erne. Som følge af de mange projekter blev GEUS en national autoritet inden for CCS gennem vidensgenerering og -deling, hvor Miljø- og Energiministeriet vurderede teknologiens potentiale på baggrund af GEUS' forskningsaktiviteter.⁴¹

37 Nissen: "A Greener Shade", 419; Nilsen: *En felles plattform?*

38 SACS: <https://www.sintef.no/projectweb/ik-23430000-sacs/> (27.1.2025).

39 Nielsen: "CO₂-injektion", 6.

40 IPCC: *IPCC Second Assessment*, 51.

41 Miljøstyrelsen: *Samfundsøkonomiske Omkostninger*, 25.

Kyoto-protokollen fra 1998 fik afgørende betydning for GEUS og for udviklingen af CCS. For det første blev teknologien politisk og videnskabeligt legitimeret, idet protokollen udpegede CCS som et centralt indsatsområde. For det andet tilskyndede protokollen til en videre videnskabelig udvikling af teknologien, hvilket igangsatte en række forskningsprojekter. For det tredje blev CCS anerkendt som en klimahåndteringsteknologi. Det betød, at CO₂-lagring fik en markant ny betydning sammenlignet med tidligere, hvor teknologien primært havde været forbundet med EOR og olieproduktion. Kyoto-protokollen bidrog til et tættere samspil mellem GEUS, politiske institutioner, fossilindustrien og international forskning, hvilket kom til udtryk i de stigende aktiviteter og nye interessefelter, der opstod i kølvandet på protokollen.⁴²

I slutningen af 1990'erne deltog GEUS i en række nationale pilotprojekter, der undersøgte mulighederne for undergrundslagring af CO₂ fra naturgasproduktion og kraftværker.⁴³ Projekterne etablerede et videnskabeligt fundament, der gjorde det muligt for institutionen at indgå i internationale samarbejder om CO₂-lagring. GEUS blev f.eks. i år 2000 en del af det store transnationale EU-finansierede projekt "European potential for the Geological Storage of CO₂ from fossil fuel combustion" (GESTCO). Projektet involverede de lande, der blev vurderet til at have de mest gunstige geologiske betingelser for CO₂-lagring. De tidligere nationale forsøg betød, at GEUS havde opbygget et vidensgrundlag, som gjorde Danmark til ét af de otte lande i projektet. GESTCO var en direkte konsekvens af Kyoto-protokollen og havde til formål at undersøge, om CCS reelt kunne reducere industrielle emissioner. Projektet skulle skabe mere viden om CO₂-lagringens tekniske forhold og identificere de største industrielle udledere. GESTCO-projektet viser, at CCS ikke længere blev betragtet som en metode til CO₂-rensning eller til EOR, men som en teknologi med potentiale til at reducere CO₂-udledninger.⁴⁴

Anden fase fra 1995 til 2000 belyser generelt, hvordan GEUS blev en videnskabelig autoritet gennem konsolideringen af den epistemiske infrastruktur. Efter at CO₂-lagring var etableret som et konkret vidensobjekt, positionerede institutionen sig som en autoritativ aktør gennem en række aktiviteter, herunder rapportudgivelser, ekspertfunktioner, standardiseringsarbejde og deltagelse i nationale og internationale forskningsprojekter. GEUS deltog i konferencer finansieret af fossilindustrier, og involveringen i projekter som SACS understregede betydningen af internationale netværk. SACS førte til et tættere samarbejde med offshore-olieindustrien i Nordsøen, hvor EOR spillede en central rolle i anvendelsen af CO₂. GEUS kom desuden i berøring med den fossile industri gennem deltagelse i konferencer som IEAGHG og EUROGAS. Samtidig udbyggede GEUS sine databanker som et centralt infrastrukturelt element. Konsolideringen af institutionens epistemiske autoritet kom bl.a. til udtryk ved, at dens forskningsresultater blev anvendt i ministerielle rapporter, og at CCS begyndte at indgå i overvejelser om fremtidige emissionsregnskaber.

42 Vormedal: "The Influence"; Kim: "Technological Innovation"; Evar m.fl.: *The Social Dynamics*, 155-56.

43 Binzer og Dinesen: *GEUS Årsberetning 98*, 24; Thorsen: *Arbejdsprogram 2000*, 29.

44 Christensen og Larsen: "Assessing the European Potential", 13-14.

GEUS gik fra at være dataleverandør om undergrundslagring af CO₂ til en ekspertinstitution, som andre aktører begyndte at navigere efter. Perioden 1995-2000 viser således, hvordan GEUS' aktiviteter gav institutionen en epistemisk autoritet, der blev til gennem netværk, videnscirkulation og udbygning af databanker om CO₂-lagring – alle centrale elementer af epistemisk infrastruktur. Undersøgelse af disse epistemiske infrastrukturer viser desuden, hvordan geologisk viden kunne oversættes til en klimapolitisk løsning.

2000-2005: AKTIV TEKNOLOGIPROMOVERING

Efter at GEUS havde opnået status som eksperthenhed, og CCS' potentiale var gået fra tankeeksperiment til legitim klimateknologi, begyndte institutionen aktivt at forme specifikke forventninger til teknologien. GEUS bevægede sig dermed fra primært at være vidensleverandør til aktivt at promovere teknologien. Mellem 2000 og 2003 udkom en række danske rapporter fra GESTCO-projektet. De vurderede potentialet for CO₂-lagring både på land og i den del af Nordsøen, hvor olie- og gasfelter enten var udtømte eller forventedes at blive det inden for en nær fremtid.⁴⁵

Lagring på land og offshore havde hver deres udfordringer. I Nordsøen var de primære udfordringer afstand og omkostninger, mens datagrundlag, sikkerhed og befolkningens accept udgjorde de største udfordringer ved lagring på land. Den overordnede konklusion var dog optimistisk og pegede på, at Danmark havde tilstrækkelig kapacitet til at lagre flere hundrede års udledninger.⁴⁶ GESTCO fik dermed stor betydning, både fordi projektet demonstrerede potentialet for undergrundslagring i Danmark, og fordi det gav GEUS mulighed for for første gang at vurdere lagringskapacitet mange hundrede år ud i fremtiden. Vurderingen af den store kapacitet kan tolkes både som en legitimering af fortsatte udledninger og som en åbning for et fremtidigt marked for lagring af udenlandsk CO₂.

Tiden omkring år 2000 markerede et væsentligt skifte i GEUS' rolle som offentlig og politisk aktør, idet institutionen begyndte at inkludere CCS i sin offentlige kommunikation med et fokus på økonomiske forhold. Dette fremgår f.eks. af en større artikel fra 1998 i GEUS' fagblad, *Geologisk Nyt*. Fagbladet er en populærvidenskabelig udgivelse, der kombinerer formidling af forskningsresultater med promovering af institutionens aktiviteter. Artiklen gennemgår forskellige teknologiske, politiske og geologiske aspekter af CCS i Danmark. Ud fra tekniske forklaringer og beskrivelser af internationale projekter indgår en længere diskussion af barriererne for et større CCS-projekt i Danmark, hvor økonomien indtager en central rolle. Da gas fra de danske felter i Nordsøen er relativt ren sammenlignet med norsk gas, vurderer artiklen ikke CCS som økonomisk rentabelt.⁴⁷ Artiklen konkluderer dog, at CCS sandsynligvis vil blive en del af europæisk energipolitik, og at oliebranchens interesse kan skabe fælles fordele ved CO₂-lagring. Generelt viser diskussionen af økonomien, at GEUS

45 Andersen: *A Survey*, 46.

46 Christensen og Larsen: "Assessing the European Potential", 16.

47 Christensen m.fl.: "Geologisk Lagring".

betragede CCS som mere end blot en teknologi under udvikling, og at teknologien var dybt afhængig af politiske institutioner og fossilindustrien.

Kyoto-protokollen introducerede CCS som en teknologi, der kunne anvendes i nationale emissionsregnskaber. Dermed kunne CCS muliggøre afkoblingen mellem økonomisk vækst og CO₂-udledninger gennem regnskabsmodeller. I en særberet fra Miljø- og Energiministeriet om CO₂-udledning fra år 2000 understregede Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) ligeledes, at en central forudsætning for CO₂-deponering var, at teknologien kunne indgå i emissionsregnskaber.⁴⁸ Motivationen for at udvikle CCS blev altså i mindre grad knyttet til klimaforandringernes bio- og geofysiske konsekvenser og i højere grad forstået som et instrument i en udledningsbaseret regnskabsmodel. GEUS' forskning kom dermed til at indgå i en dynamisk proces, hvor eksterne forhold muliggjorde, at institutionens viden kunne integreres i emissionsregnskaber. Herved fik GEUS' forskning en anden betydning, fordi CCS kunne ansues som et redskab, der var kompatibelt med fortsat økonomisk vækst.

I 2004 udgav GEUS et temanummer om CO₂-lagring med undertitlen "Bidrag til fremtidens klimapolitik". Heri præsenterede GEUS gennem en række nationale og internationale eksempler på CCS-projekter sin vurdering af de politiske, tekniske, økonomiske og sikkerhedsmæssige aspekter ved deponering af CO₂. Temanummeret var en vigtig indikator for, hvordan GEUS forestillede sig fremtiden med CCS. Teknologien blev indlejret i en række antagelser, hvor energiforbrug og udledninger fremstod som gensidige forudsætninger, mens alternativer blev fremstillet som langt mindre realistiske eller anvendelige. Artiklen fremhævede samtidig spændingen mellem Kyoto-aftalens krav om reduktioner og en energiforståelse, der sidestillede energiforbrug med velstand.⁴⁹ GEUS vurderede, at alternativer såsom udfasning af fossile brændsler ikke kunne imødekommene en hastigt voksende verdensbefolkning og det deraf følgende stigende energiforbrug. Alt i alt viser temanummeret, hvordan GEUS fremstillede CCS som et centralt redskab til at reducere CO₂-udledninger og samtidig som en teknologisk løsning med en tilsyneladende neutral karakter.

Denne forståelse blev yderligere uddybet i det populærvidenskabelige geologiske tidsskrift *VARV*, hvor flere geologer tilknyttet GEUS argumenterede for, at et stop for produktionen af fossile brændstoffer ville medføre "brutal fremfærd" i lyset af det stigende energiforbrug samt "udløse økonomisk kaos", fordi verdensøkonomien var afhængig af billig energi.⁵⁰ Mest markant var geologernes problematisering af demokratiske processer, som blev fremstillet som ineffektive og upålidelige. Som modtræk foreslog de CCS som en afpolitiseret teknologi og en løsning på politiske uoverensstemmelser og de demokratiske processers kortsigtede tidshorisonter. Teknologien blev præsenteret som et middel til at overkomme spændingen mellem det fossilafhængige samfunds energibehov, befolkningsvækst og stigende forbrug. Disse faktorer dannede grundlag for et teknologisk-optimistisk fremtidsscenarie, hvor udledninger blev betragtet som uundgåelige på kort, mellem og lang sigt.

48 Fenger: *CO₂: Hvorfra, Hvorfor*, 29.

49 Christensen m.fl.: "Geologisk Lagring", 1.

50 Springer m.fl.: "Geologisk lagring", 19.

Selv om CCS i VARV indgik i en fremtidsvision, der på sigt kunne opretholde et status quo uden klimakollaps, blev teknologien fremstillet som ”allerede en realitet”. Med henvisning til projekter som SACS og GESTCO hævdede GEUS, at CCS ikke længere blot var et tankeeksperiment, men en afprøvet teknologi. Rapporterne, undersøgelserne, datagrundlaget og erfaringer fra tidligere projekter blev brugt til at fremstille teknologien som allerede kendt og etableret. Dermed bidrog GEUS til at legitimere CCS gennem en forestillet realisering – en legitimitet, som tidligere havde manglet.⁵¹ En artikel i *VARV* beskrev udfordringer såsom behovet for ny infrastruktur, den nødvendige skala i CO₂-deponering og spørgsmål om kapacitet. Den udelod imidlertid at fremhæve, at de fleste projekter fortsat befandt sig på et meget tidligt forsøgsstadium.⁵² Alt i alt kan GEUS’ fremstilling af CCS på dette tidspunkt ses som et resultat af en bredere epistemisk infrastruktur, hvor forsøgsprojekter, anlæg, rapporter og vidensdeling tilsammen bidrog til at styrke forventningerne til teknologien.

De mange projekter bragte teknologien tættere på realisering, men i takt med at kommercialisering og skalering kom i fokus, opstod der nye problemstillinger. Etableringen af lagringsanlæg gav f.eks. anledning til lokale bekymringer om sikkerheden ved depoter. GEUS havde tidligere anvendt sin epistemiske autoritet til at legitimere teknologien over for politiske aktører gennem kapacitetsestimater og tekniske vurderingen, men modstanden mod teknologien kom nu i stigende grad fra lokalsamfund, som frygtede uheld, for tidligere havde en række uheld resulteret i livstruende situationer.⁵³ Det betød, at GEUS måtte tilpasse sin strategi, og institutionen forsøgte f.eks. at imødekomme lokale bekymringer ved at fremstille CO₂ som ufarlig.

De potentielle risici blev inddelt i to kategorier: geologiske og tekniske. De geologiske risici vedrørte udsivning, kollaps af depoter og monitorering og var primært forbundet med potentielle lækager fra lagrene. Forskellige tiltag skulle forhindre alvorlige hændelser, herunder større CO₂-udslip, der kunne fortrænge ilt og dermed medføre risiko for kvælning. De tekniske risici omfattede processen før lagring, såsom rørbrud og boreulykker. GEUS forsøgte at håndtere bekymringerne gennem kommunikation, transparens og inddragelse af interessenter. Konkret skulle beredskabsplaner og overvågning bidrage til at skabe tillid til, at deponering var sikkert.⁵⁴

Ifølge GEUS var sikkerhed, offentlig accept og tryghed nødvendige forudsætninger for CCS’ succes på både kort og lang sigt, og institutionen fremstillede i forlængelse heraf risiko som et teknisk og kommunikativt spørgsmål og deponering som en sikker lagringsmetode med en tidshorisont på 5000 år. Derefter forventedes CO₂’en at være opløst. Denne måde at håndtere offentlig modstand og risikokommunikation på kan ses som et forsøg på at nedtone risici ved at fremstille CO₂-udledninger og CO₂-lagring som naturligt og ufarligt. Det var samtidig udtryk for en epistemisk autoritet, der aktivt forsøger at imødekomme bekymringer og håndtere teknologiens usikkerheder – forhold, der tidligere blev betragtet som alvorlige barrierer. Teknologien og

51 Andersen: ”Kuldioxid kan lagres under jorden”; Christensen m.fl.: ”Geologisk Lagring”, 5.

52 Christensen m.fl.: ”Geologisk Lagring”, 4.

53 Xi m.fl.: ”Carbon Dioxide Pipelines”.

54 Christensen m.fl.: ”Geologisk Lagring”, 12.

den tilknyttede viden var blevet mere udviklet siden 1990'erne, men risici ved lagring og uheld forblev en væsentlig problemstilling.

Lokalsamfundenes bekymringer forhindrede dog ikke nye forskningsaktiviteter. GEUS' årsberetning for 2004 viser institutionens integration i en række projekter i EU og Østeuropa. Projekterne omfattede pilotprojekter for lagring nær kræftværker, seismiske undersøgelser, nye vurderinger af lagringskapacitet samt udvikling af løsninger til reduktion af CO₂-udledning i såkaldte *hard-to-abate*-industrier som cement- og stålproduktion. GEUS var også repræsenteret i internationale netværk såsom Carbon Sequestration Leadership Forum sammen med Energistyrelsen. Derudover faciliterede GEUS i 2003 en international workshop i European Network of Excellence on Geological of CO₂ som led i et større netværk, der samlede ekspertise på tværs af lande. Dette illustrerer, hvordan GEUS blev en stadig mere integreret del af et internationalt vidensnetværk med tætte forbindelser til det danske politiske system, herunder til Energistyrelsen.⁵⁵

En aktivitetsrapport fra 2005 viser, at GEUS det år påbegyndte et nyt forskningsinitiativ kaldet "Alternativ brug af undergrunden", som omfattede CO₂-lagring. Forskningsbeskrivelsen viser, at GEUS havde etableret en underenhed for CCS som led i en europæisk taskforce. I lyset af IPCC's rapport om CCS fra 2005 og EU's forsknings- og udviklingsprogrammer specifikt rettet mod CCS fungerede GEUS nu med institutionens egne ord som omdrejningspunkt i en CO₂-Klub, hvor organisationer som Elsam og det svenske energiselskab Vattenfall blev bragt i dialog med Energistyrelsen og Energinet.dk.⁵⁶ Ud over de løbende politiske, organisatoriske og forskningsmæssige aktiviteter opsummerede rapporten også de planlagte projekter for 2006. Det gjaldt blandt andet monitorering af depoter, verifikation og regulering, visionære energiscenarier for Europa samt et samarbejde med kinesiske partnere om vurdering af, hvor meget CO₂ der kan lagres.

Tredje fase fra 2000 til 2005 viser, hvordan GEUS anvendte de epistemiske infrastrukturer til at udvikle sig til en ekspertinstitution, der aktivt promoverede CCS ved at fremstille teknologien som nødvendig og teknisk neutral, samtidig med at risici blev nedtonet, og fortsatte CO₂-udledninger indirekte blev legitimeret. Institutionens kapacitetsvurderinger fik stor betydning for teknologiens realisering i Danmark, mens økonomiske argumenter bidrog til at fremstille CCS som en attraktiv investering. Et tydeligt udtryk for GEUS' aktive promovering af CCS findes i de populærvidenskabelige tidsskrifter, hvor institutionen gentagne gange fremstillede teknologien som allerede realiseret, mens risici ved lagring blev nedtonet. Ved at præsentere CCS som et politisk neutralt redskab bidrog GEUS til at favorisere teknologien og dermed marginalisere alternative og politisk set mere indgribende løsninger såsom reduktion af forbruget og udfasning af fossile brændsler. Samtidig deltog GEUS i en række forskningsprojekter og blev i stigende grad integreret i internationale CCS-netværk og politiske fora.

55 GEUS: *Årsberetning 2005*, 9; Stockmarr: *Arbejdsprogram 2006*, 27.

56 Stockmarr: *Arbejdsprogram 2006*, 28-29.

KONKLUSION

Denne artikel har vist, hvordan CCS gik fra at være en marginal og usikker teknologi til en central klimapolitisk satsning. Vi har argumenteret for, at denne transformation kan forstås gennem de epistemiske infrastrukturer, som GEUS opbyggede fra 1990 til 2005. Disse infrastrukturer omfattede kort og modeller, databanker, internationale netværk og samarbejder, hvilket førte til en gradvis konsolidering af GEUS epistemiske autoritet.

De tre faser viser, at forklaringen på, at CCS i dag kan fremstå som en neutral og nødvendig løsning, skal findes i GEUS' lange og kumulative arbejde. Der er således ikke tale om et teknologisk gennembrud eller en fortælling om innovation og acceleration, men om en proces, der hverken er lineær eller deterministisk. GEUS' tidlige arbejde er et væsentligt eksempel på, at selv om institutionen allerede rådede over omfattende data om undergrunden og betydelig erfaring med gaslagring, kunne disse erfaringer ikke umiddelbart overføres til CCS. I stedet blev institutionens autoritet gradvist styrket gennem projekter, samarbejder og international vidensdeling. Den sidste fase viser, hvordan GEUS aktivt promoverede CCS ved at fremstille den som teknisk gennemførlig og politisk neutral. Selv om faseinddelingen er en analytisk konstruktion – og både GEUS' og teknologiens udvikling må forstås som en løbende proces – viser den, hvordan teknologiske muligheder skabes og begrænses af de infrastrukturer, der producerer og stabiliserer viden om dem.

I den offentlige debat om klimapolitik siger brede og tidløse begreber som ”teknologiske fix” og ”teknologisk optimisme” kun lidt om, *hvorfor* en sådan optimisme opstod, *hvornår* den opstod, *hvem* der bidrog til at skabe disse forventninger, og *hvilke* motiver der lå bag. Denne artikel bidrager derfor til det teknologihistoriske felt ved at kontekstualisere og nuancere en teknologi og undersøge, hvilke aktører der var med til at producere de forestillinger – eller forventninger – der knytter sig til den. Vi har desuden fremhævet videnskabens rolle i at skabe tillid til teknologiske løsninger i en verden, der i stigende grad præges af klimaforandringer.

Artiklen viser, hvordan også teknologier, der fremstår naturlige, uundgåelige eller apolitiske, er resultatet af institutionaliserede videnspraksisser og specifikke aktørers interesser. GEUS' rolle i legitimeringen af CCS viser, hvordan videnskabelige institutioner i en økologisk moderniseringskontekst kan bidrage til at fremme teknologiske løsninger som både realistiske og nødvendige, selv når de er præget af betydelige usikkerheder. Ved at historisere CCS og synliggøre de infrastrukturelle processer, der gjorde teknologien mulig, bidrager artiklen til et mere nuanceret perspektiv på klimapolitikens forhold til teknologi. Forståelsen af sådanne processer er afgørende, hvis vi skal kunne vurdere, hvordan teknologiske løsninger opnår politisk betydning, og hvilke vidensformer der giver dem legitimitet.

UPUBLICERET MATERIALE

Rigsarkivet, Eltra: Korrespondance (1963-1999), "Referat Af TU Møde." May 31, 1990. 10802. 194: 1990 Energistyrelsen – EP-værkerne.

PUBLICERET MATERIALE

Albers, Christian Nyrop: *Overvågning af grundvand over Stenlille naturgaslager, 1989-2023*, No. 2024/3, København: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), 2024.

Andersen, Iver Houmark, *Information*: "Kuldioxid kan lagres under jorden", 23.9.2003.

Andersen, Palle Rubæk: *A Survey of CO₂ Storage Capacity of Danish Oil and Gas Fields*, Survey No. 2003/42, København: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), 2003.

Anker, Peder. "A Pioneer Country? A History of Norwegian Climate Politics." *Climatic Change* 151, no. 1 (2016): 29–41. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1653-x>.

Binzer, Knud og Arne Dinesen: *GEUS Årsberetning 98*, København: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), 1999.

Blok, Anders: "Et Nyt Klima for Sociologien? Om Socialteoretiske Nybrud i Økologiseringsens Tidsalder", *Dansk Sociologi* 23, 1 2012, 9-28, doi: 10.22439/dansoc.v23i1.4036.

Bowker, Geoffrey C. *Science on the Run: Information Management and Industrial Geophysics at Schlumberger, 1920-1940*. Inside Technology. MIT Press, 1994.

Bredsdorff, Magnus, *Politiken*: "Danmark har voldsomt overvurderet potentialet for sit vigtigste klimafix", 25.10.2025: <https://politiken.dk/klima/art10584326/Danmark-har-voldsomt-overvurderet-potentialet-for-sit-vigtigste-klimafix> (31.10.2025).

Brundtland-kommissionen: *Our Common Future*, Oxford: Oxford University Press, 1987.

Christensen, Niels Peter og Michael Larsen: "Assessing the European Potential for Geological Storage of CO₂: The GESTCO Project", *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 4, 2004, 13-16, doi: 10.34194/geusb.v4.4770.

Christensen, Nils Peter, Peter Johannessen, Michael Larsen, Niels Springer og Kim Zink-Jørgensen: "Geologisk Lagring af CO₂ – et Bidrag Til Fremtidens Klimapolitik", *Geologi: Nyt Fra GEUS*, 2, 2004.

Dahl, Magnus Borchers: "The Brundtland Report in Denmark: An Analysis of the Reception of the Brundtland Report in a Danish Political Context", *Culture and History: Student Research Papers* 8, (1), 2024, 135-51, doi: 10.7146/chku.v8i1.143458.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS): *GEUS Årsberetning 2005*, København: GEUS, 2005 <https://www.geus.dk/media/7920/aarsberetning-2005.pdf> (10.1.2024).

Edgerton, David: *The Shock of the Old: Technology and Global History since 1900*, Oxford: Oxford University Press, 2009.

- Edwards, Paul N.: *A Vast Machine: Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2010.
- Ejsing, Mads, Niklas Olsen og Stefan Gaarsmand Jacobsen: "Dansk klimapolitik i et idéhistorisk perspektiv: Økonomisk modernisering, sociale bevægelser og relativ stilstand siden 1990'erne", *Slagmark – Tidsskrift for idéhistorie*, 88, 2024, 173-200.
- Elsam: *Deponering af CO₂ i Danmark – Afsluttende Rapport*. Elsam, 1993.
- Evar, Benjamin, Nils Markusson og Simon Shackley (red.): *The Social Dynamics of Carbon Capture and Storage: Understanding CCS Representations, Governance and Innovation*, Abingdon: Routledge, 2012, doi: 10.4324/9780203118726.
- Fenger, Jes: *CO₂: Hvorfra, Hvorfor, Hvor Meget?*, Tema Rapport 31, Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, 2000.
- Flatø, Emil: "Jet Set Science: Elites, Knowledge Infrastructures, and the History of Long-Term Futures", *Time & Society*, 2025, 1-29, doi: 10.1177/0961463X251387410.
- Folketingsbeslutning om omlægning af energiafgifterne, indførelse af en miljøafgift på CO₂-udledning og hermed sammenhørende foranstaltninger til nedbringelse af energiforbruget, 1990/2 BSF 52 (1991): <https://www.retsinformation.dk/eli/ft/19902BA00052> (25.3.2025).
- Fressoz, Jean-Baptiste: "In Tech We Trust: A History of Technophilia in the Intergovernmental Panel on Climate Change's (IPCC) Climate Mitigation Expertise", *Energy Research & Social Science*, 127, 2025, 1-12, doi: 10.1016/j.erss.2025.104280.
- GEUS: "GEUS Årsberetning 2005." GEUS, 2005. <https://www.geus.dk/media/7920/aarsberetning-2005.pdf> (10.01.2024).
- Gidden, Matthew J. m.fl.: "A Prudent Planetary Limit for Geologic Carbon Storage", *Nature* 645 (8079), 2025, doi: 10.1038/s41586-025-09423-y.
- Haugaard Nielsen, Rolf, Morten Andersen, Jens Morten Hansen og Henrik Højmark Thomsen: *Vi, de jordbundne: glimt af GEUS gennem 125 år (1888-2013)*, København: De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, (GEUS), 2013.
- Holloway, Sam og British Geological Survey (red.): *The Underground Disposal of Carbon Dioxide: Final Report; Research Funded by the Commission of the European Communities in the Framework of the Joule Programme, Sub-Programme Non-Nuclear Energy*, British Geological Survey, 1996.
- Hougaard, Inge-Merete og Kirstine Lund Christiansen: "Domesticating Technology: Sociotechnical Imaginaries of Carbon Capture and Storage in Denmark", *Energy Research & Social Science*, 125, 2025, 1-10, doi: 10.1016/j.erss.2025.104087.
- Hughes, Thomas P.: "The evolution of large technological systems." I Wiebe Bijker, Thomas Hughes og Trevor Pinch (red.): *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2012, 51-82.
- Ingeniøren: "Vejen ud af CO₂ suppedasen", 25.1.1991: <https://ing.dk/artikel/vejen-ud-af-co2-suppedasen> (15.4.2025).

- IPCC: *IPCC Second Assessment Climate Change 1995: A Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1995.
- Isaksen, Søren: "Forskningsudvalget, Alm. Del – Bilag 225", 2002: <https://webarkiv.ft.dk/?/samling/arkiv.htm> (7.8.2025).
- Jacobsen, Fritz Lyngsie: "CO₂-deponering i akvifer i I/S ELSAM's område", København: Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU), 1992.
- Jacobsen, Fritz Lyngsie m.fl.: *Deponering af CO₂ i undergrunden belyst ud fra Linde-1 boringen*, 1996/42. GEUS; Energiministeriets Forskningsudvalg for produktion og fordeling af el og varme, 1996.
- Kim, Yoomi: "Technological Innovation, the Kyoto Protocol, and Open Innovation", *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 7 (3), 2021, 1-17, doi: 10.3390/joitmc7030198.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: *Klimahandling – I mål med fangst og lagring af CO₂*, København: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2023.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: "Klimahandlingsplan 2020", <https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2020/dec/klimahandlingsplan-2020> (18.5.2025).
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: "Skandinavisk samarbejde om CO₂-transport og lagring er på plads", [https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2024/apr/skandinavisk-samarbejde-om-CO₂-transport-og-lagring-er-paa-plads-](https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2024/apr/skandinavisk-samarbejde-om-CO2-transport-og-lagring-er-paa-plads-) (28.04.2026)
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: "Danmark, Flandern og Belgien underskriver en banebrydende politisk erklæring om grænseoverskridende transport af CO₂ til geologisk lagring", [https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2022/sep/danmark-flandern-og-belgien-underskriver-en-banebrydende-politisk-erklæring-om-grænseoverskridende-transport-af-CO₂-til-geologisk-lagring](https://www.kefm.dk/aktuelt/nyheder/2022/sep/danmark-flandern-og-belgien-underskriver-en-banebrydende-politisk-erklæring-om-grænseoverskridende-transport-af-CO2-til-geologisk-lagring) (28.04.2026)
- Krom, Thomas og Karen Ipsen: *Deponering af CO₂ i Danmark*. Afsluttende Rapport EP92/784, Elsam, 1993.
- Lefstad, L., J. Allesson, H. Busch og W. Carton: "Burying Problems? Imaginaries of Carbon Capture and Storage in Scandinavia", *Energy Research & Social Science*, 113, 2024, 1-13, doi: 10.1016/j.erss.2024.103564.
- Marcussen, Ib og Stefan Hultberg: *Olie og gas i Danmark*, København: Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU), 1995.
- Miljøstyrelsen: *Samfundsøkonomiske omkostninger ved reduktion af drivhusgasudslip*, 93, Miljøstyrelsen, 1997.
- Nielsen, Anette: "CO₂-injektion i undergrunden – oliebranchen reducerer CO₂-udslippet", *Geologisk Nyt*, 4 (98), 1998, 3-6.
- Nilsen, Yngve: *En felles plattform? Norsk Oljeindustri og klimadebatten i Norge Fram til 1998*, ph.d.-afhandling, Oslo: Universitetet i Oslo, 2001.
- Nissen, Ada: "A Greener Shade of Black? Statoil, the Norwegian Government and Climate Change, 1990-2005", *Scandinavian Journal of History*, 46 (3), 2021, 408-29, doi: 10.1080/03468755.2021.1876757.

- Pedersen, Lene Holm: *Miljøøkonomiske ideer i en politisk virkelighed*, ph.d.-afhandling, Institut for statskundskab, Københavns Universitet, 2003.
- SACS: <https://www.sintef.no/projectweb/ik-23430000-sacs/> (27.1.2025).
- Springer, Niels, Dan Olsen og Niels Stentoft: "Geologisk lagring af kuldioxid kan reducere den menneskeskabte drivhuseffekt", *Varv*, 4, 2005: 17-27, doi: 10.7146/varv.v2004i4.143346.
- Stockmarr, Jens: *Arbejdsprogram 2006*, 2005, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), København: Miljøministeriet. <https://www.geus.dk/media/7973/arbejdsprogram-2006.pdf> (1.10. 2024).
- Sørensen, Kai: "Olie og gasefterforskning i Nordsøen: Menneskets uudslukkelige tørst efter energi", *Geologi – Nyt fra GEUS*, 1996.
- Thorsen, Marianne: *Arbejdsprogram 2000*, 2000, København: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS); Miljø- og Energiministeriet: <https://www.geus.dk/media/7979/arbejdsprogram-2000.pdf> (1.10.2024).
- Tombjerg, Jesper, *Ingeniøren*: "Olieindvinding er bedste bud på brug af CO₂", 8.3.1991.
- Torp, Tore A.: "SACS' – Saline Aquifer CO₂ Storage: Final Technical Report", Statoil, 2000.
- Vormedal, Irja: "The Influence of Business and Industry NGOs in the Negotiation of the Kyoto Mechanisms: The Case of Carbon Capture and Storage in the CDM", *Global Environmental Politics* 8 (4), 2008: 36-65, doi: 10.1162/glep.2008.8.4.36.
- Xi, Dongmin, Hongfang Lu, Yun Fu, Shaohua Dong, Xinmeng Jiang og John Matthews: "Carbon Dioxide Pipelines: A Statistical Analysis of Historical Accidents", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 84, 2023, 1-8.

SEBASTIAN LUNDSTEEN

POSTDOC

CENTRE FOR SUSTAINABLE FUTURES

SAXO-INSTITUTTET,

KØBENHAVNS UNIVERSITET

SLN@HUM.KU.DK

NIKLAS OLSEN

PROFESSOR

CENTRE FOR SUSTAINABLE FUTURES

SAXO-INSTITUTTET, KØBENHAVNS UNIVERSITET

NOLSEN@HUM.KU.DK

ABSTRACT

The Underground as Climate Politics: GEUS and the Legitimation of Underground CO₂-Storage in Denmark 1990-2005

This article examines how Carbon Capture and Storage (CCS) — a technology in which CO₂ is captured and stored underground — moved from being considered a marginal and uncertain technology to becoming a central policy priority in Danish climate politics. Focusing on The Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), the article analyses the knowledge production on underground storage that constitutes a key precondition for the technology's realisation. Drawing on the concept of "epistemic infrastructures", understood as research practices that establish, circulate and authorize knowledge, the article investigates the period from 1990 to 2005, during which GEUS evolved from a provider of knowledge to an active promoter of CCS. First, GEUS established the underground as a distinct object of knowledge for CO₂-storage; second, the institution consolidated its epistemic authority through knowledge circulation and international collaboration; and finally, it mobilised this authority to actively promote the technology. The article shows how GEUS became a key actor in legitimising CCS by portraying it as feasible, neutral, and compatible with growth-oriented development trajectories. More broadly, it demonstrates that technological developments and optimism are outcomes of a historical process involving multiple actors, including scientific disciplines such as geology.