

Naturhistoriens logiske grundlag: Fra Steno til geologerne Lyell, Darwin og Wegener og filosoferne Kant, Peirce og Popper

JENS MORTEN HANSEN

Hansen, J.M.: Naturhistoriens logiske grundlag: Fra Steno til geologerne Lyell, Darwin og Wegener og filosoferne Kant, Peirce og Popper. Geologisk Tidsskrift, 2009, pp. xx-xx, København.

I kraft af sine to geologiske afhandlinger anses Niels Stensen (Steno) for at være grundlægger af palæontologien og geologien som videnskabelige discipliner, ligesom hans mange anatomiske afhandlinger om kirtlerne, lymfesystemet, musklerne, hjertet og hjernen gør ham til en af anatomiens store skikkelser.

Imidlertid er det praktisk taget overset, at Steno også var en betydelig videnskabsfilosof, der formulerede adskillige af de almene principper for videnskabelig erkendelse, som løftede naturvidenskaben ud af Middelalderens og Renæssancens videnskabelige principløshed, og som i de følgende århundreder gav naturvidenskaben en højere troværdighed og gennemslagskraft end andre videnskabsgrene. Steno bør således krediteres for at være den første, der konsekvent adskiller religiøse og videnskabelige argumenter, og den første, der konsekvent forlanger, at troværdige resultater skal bygge på både teoretiske overvejelser og praktiske undersøgelser.

Lige så overset er det, at Steno skabte væsentlige dele af det ontologiske grundlag for de kommende historiske (diakrone) og systemiske naturvidenskaber biologi og geologi, som derved fik egen eksistens og betydning og efterhånden udskilte sig mere og mere fra de ahistoriske (akrone) og matematisk funderede naturvidenskaber fysik og kemi. Fra Newstons tid og langt op i det 20. århundrede førte det til mange konflikter mellem på den ene side 'naturhistorikerne', der retrospektivt/empirisk søger sammenhænge i komplekse systemers udvikling og på den anden side 'deterministerne', der prospektivt/eksperimentelt søger matematisk beskrivelige lovmæssigheder i naturens enkelte fænomener.

Betydningen af denne opdeling af naturvidenskaben er måske tydeligst illustreret ved det 'stenonianske' grundlag for Darwins teori om evolution og Wegeners teori om kontinentaldrift.

Jens Morten Hansen, GEUS – De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, Øster Voldgade 10, 1350 København K. E-post: jmh@geus.dk.

Da den moderne videnskab opstod i 1600-tallet, var en af de helt store skikkelser danskeren Niels Stensen (1638-1686, Fig. 1), eller Steno som han blev kaldt. Ikke alene grundlagde han palæontologien og geologien og gjorde store opdagelser som anatom (Fig. 2). Han var også en nytænkende videnskabsfilosof. Som ganske ung formulerede han en række af de almene videnskabelige principper, som eftertidens bedste forskere begyndte at arbejde efter. Steno var en af de sidste 'polyhistorer', som havde læst det meste af, hvad der på hans tid var publiceret om naturvidenskab, og som selv arbejdede inden for flere fagdiscipliner, der i dag er hinanden stort set ubekendt. Med ganske få undtagelser er Stenos erkendelsesteoretiske tanker derfor kun behandlet af eftertiden i snævre faglige sammenhænge, der ikke yder hans videnskabsteoretiske betydning retfærdighed. Disse forhold har jeg beskrevet på dansk i en monografi om Stenos erkendelsesteori og dens betydning (Hansen, 2000a) og mere summarisk på italiensk og engelsk (Hansen, 2000b, 2005, 2009a,b).

På grund af naturvidenskabernes ekstreme specialisering frem mod vor tid er det derfor stort set overset, at disse elementære og fælles videnskabsprincipper i væsentlig grad kommer fra Steno. Dertil kommer, at Stenos var en kontroversiel og efterhånden også noget mystisk person i både samtiden og de følgende 150 år: Opvokset som stærkt troende i det ortodoks-lutheranske Danmark, men konverteret til katolicismen i Italien. Præsteviet lige efter at han grundlagde den mest religionskritiske videnskab af alle, geologien. Endt som titulær biskop af den dengang for længst ikke-eksisterede østromerske by Titiopolis i Lilleasien med den hemmelige mission at skabe grundlag for en katolsk modreformation i det protestantiske Danmark-Norge og Nordtyskland. Og så var han fra det efterhånden betydningsløse Danmark, der lige havde mistet næsten halvdelen af sit område og befolkning til Sverige. Med andre ord kunne hans navn hverken styrke den nationale stolthed i det lutheranske Danmark eller hos hans mæcener, Medici'erne Ferdinand II og Cosimo III i Firenze.

Fra Stenos død i 1686 indtil 1830, hvor Charles Lyell (Fig. 3) berømmer ham i forordet til 'Principles of Geology', var hans navn derfor stærkt på vej til at gå i glemmebogen, selv om hans videnskabelige principper og konkrete forskningsresultater hurtigt vandt betydelig udbredelse. Først i 1823 blev Stenos store, men overvejende anonyme betydning for palæontologien og geologien opdaget af tre betydelige naturforskere: Grundlæggeren af den fysiske geografi, Alexander von Humboldt, og grundlæggeren af Frankrigs geologiske undersøgelse, Elie de Beaumont. Gennem dem fik grundlæggeren af moderne britisk geologi, Charles Lyell, kendskab til Steno. Og gennem Lyells bøger inspirerede de geologiske metoder Darwin til studere Sydamerikas geologi og fossiler og til at udvikle en evolutionsteori for den levende verden (Darwin, 1859), således som Lyell (1830-33) havde gjort det for den uorganiske verden.

Men det forblev stort set ukendt, at Stenos mere videnskabsteoretiske holdninger og arbejder var en vigtig bestanddel af 'den videnskabelige revolution' i 1600-tallets sidste halvdel og 1700-tallets oplysningstid. Det fremgår af en netop udkommet særudgivelse i *Geological Society of America Memoir*, hvori en række videnskabshistorikere fra Danmark, Norge, Italien og USA har behandlet Stenos bidrag til geologiens og palæontologiens forvandling fra overvejende religiøs spekulation til egentlig videnskab på overgangen mellem Renæssancen og Oplysningstiden (Rosenberg, 2009). Desuden fremgår det af seneste udgivelse af Dansk Geologisk Forenings Bulletin, hvori man kan læse et redigeret genoptryk af min artikel i ovennævnte udgivelse "On the Origin of Natural History: Steno's Modern, but Forgotten Theory of Science".

1600-tallets naturvidenskabelige kaos

På den tid arbejdede enkelte forskere endnu med mange fag, og Steno var en af dem, der havde læst det meste af, hvad der var skrevet om naturvidenskab. Det var han begyndt på som ganske ung student, og i 1658-59 hvor Københavns Universitet var lukket som følge af den svenske belejring af byen, brugte Steno ventetiden til at arbejde sig igennem universitetets bibliotek, der var samlet på loftet af den nyopførte Trinitatis Kirke (Rundetårnskirken). Indtrykket heraf nedskrev han i det såkaldte Chaos-manuskript, der så sent som i 1946 blev fundet blandt Galileis papirer i Firenze. For få år siden blev 'Chaos' oversat fra latin til engelsk og udgivet af den danske jesuiterpræst og fysiker August Ziggelar (1997, 520 sider).

At Steno allerede som 20årig ikke var imponeret over naturvidenskabens stringens fremgår ikke alene af utallige kritiske bemærkninger til de mange citerede værker, men også - og mere velkendt - af, at han slutter det enorme referat af med at give det titlen: "In Nomine Jesu: Chaos!" Det kan vel nærmest oversættes til et hovedrystende

I Jesu Navn: Hvilket Kaos!

Med andre ord mente Steno, at naturvidenskaben var en rodebunke, og at der manglede stringens (Hansen, 2009b). Han begyndte derfor tidligt at interessere sig for, hvordan man kan opnå sikker viden, og hvordan forskere kan beskytte sig mod både egne og overleverede fejltagelser. Det førte bl.a. til, at Steno (1665) som den første konsekvent hævdede det princip, at et 'demonstrativt sikkert' resultat skal bygge på både teoretisk analyse (fornuft) og empiri (erfaring og konkrete undersøgelser). Således fremhæver fysiologen og nobelpristageren August Krogh (Fig. 4) i indledningen til den første oversættelse til dansk af 'De Solido' (Krogh & Maar, 1902), at naturvidenskabens store succes i de kommende to århundreder bygger på netop denne vekselvirkning mellem teori og praksis.

Skridtet herfra til også at udelukke religiøse argumenter som videnskabelige beviser var ikke stort teoretisk set, men enormt i forhold til både samtidens og hans egen dybe religiøsitet. Ikke desto mindre er det, hvad Steno gør: Religiøse argumenter er ubrugelige i videnskab. Steno går endda så vidt som til at sige, at 'sand naturvidenskab er den højeste lovprisning af Gud'. Med andre ord: Skulle der være uoverensstemmelser mellem bibelen og sikre naturvidenskabelige resultater, må der være noget galt med bibelfortolkningen.

Når disse banebrydende tanker først nu er blevet anerkendt som Stenos værk, skyldes de nok især, at hans videnskabsteori er formuleret snart i hans anatomiske, snart i hans geologiske afhandlinger og desuden i brevvekslinger med de indflydelsesrige filosoffer - og venner - Spinoza og Leibniz.

Steno om erkendelsens niveauer

Efter at den danske læge, Troels Kardel i 1994 udgav en artikel om Stenos videnskabsteori, har jeg forsøgt at samle Stenos videnskabsteoretiske betragtninger fra både hans anatomiske og geologiske værker for at kunne se hans fagspecifikke videnskabsteori i forhold til hans egne almene sammenfatninger fra 1669 (i 'De Solido') og 1673 (i 'Prooemium').

Det viser en ung mand, der efter at have bestemt sig for at gøre noget ved principløsheden i naturvidenskaben uforfærdet afliver de mest udbredte dogmer om sjælen, hjertet og hjernen og påviser de største autoriteters fejltagelser, f.eks. hos Descartes.

Filosofisk set er det især på fem områder, Steno skiller sig ud fra samtiden. 1) Han afviser religiøse dogmer som videnskabelige argumenter, 2) han forlanger vekselvirkning mellem teori og praksis, 3) han påviser Descartes' nyetablerede metodes (reduktionismen) utilstrækkelighed og kræver, at de opdeltede problemer ikke kun skal forstås hver for sig, men også i sammenhæng, og 4) han forstår, at der er forskel på tingene, som de er i sig selv, og vores sansning af dem. Endelig beskriver han 5) erkendelsen som opdelt i niveauer af stigende betydning og faldende troværdighed. Dette princip om erkendelsesniveauer formulerer han bl.a. i kort form som et maxime:

Skønt er det vi ser,
Skønnere det vi forstår,
Langt skønnest er det vi er uvidende om.

Men denne formulering misforstås i vidt omfang til at hævde det modsatte af, hvad Steno faktisk mente. Da Steno havde forladt naturvidenskaben for at blive præst og senere biskop, var det nærliggende at tillægge maximet en religiøs betydning for andre præster og troende, der ikke brød sig om Stenos anatomiske og geologiske resultater og den tvivl de skabte om f.eks. sjælsdogmerne

og skabelsesberetningen. Mange troende videnskabsmænd (bl.a. dansk geologisk førende historiker, præsten Axel Garboe) har derfor tillagt Stenos berømte *maxime den mening*, at erkendelsens niveauer stiger fra et verdsligt plan til et religiøst plan.

Men det er ganske urimeligt. Steno (1673) forklarede selv, hvordan *maximet* skulle forstås, da han som tiltrædende kongelig anatom gav sin indledningsforelæsning til dissektionen af et kvindeligt:

Skønt er det som uden dissektion står umiddelbart åbent for sanserne.
Skønnere er det som dissektionen fremdrager fra de skjulte indre dele.
Langt skønnest er det som undflyr sanserne, men alligevel kan tilnærmes med
fornuften gennem det vi allerede har erkendt.

Altså at erkendelsens niveau og kompleksitet vokser fra et umiddelbart og sikkert plan, gennem et konkret udforskende plan til et højeste, men mere usikkert plan, hvor vi efter bedste formåen skal bruge alle vores evner, metoder og erfaringer.

Reduktionismens nødvendighed og utilstrækkelighed

Baggrunden for denne indstilling er især Stenos (1665) erkendelse af, at den store Descartes' forskningsmodel, *reduktionismen* (som fortsat dominerer dele af naturvidenskaben), ganske vist er nødvendig, men også utilstrækkelig. Descartes hævdede, er det er nok at nedbryde en kompleks problemstilling til en række mindre komplekse problemer og løse disse problemer hver for sig. Steno hævdede, at det *derudover* er nødvendigt at se de enkelte, reducerede problemstillinger i sammenhæng og forsøge at få en *helhedsopfattelse*. Et komplekst system kan ikke kun forstås som summen af de enkelte problemer. Et komplekst system er *mere* end summen af de enkelte problemstillinger, vi har været i stand til at reducere det til.

Steno bruger bl.a. et urværk som eksempel. Heraf kan vi forstå, at det er rigtigt og godt, når en urmager forstår og fremstiller de enkelte dele hver for sig for at kunne frembringe et urværk. Men dertil bør man tilføje, at der er meget lang vej fra at bygge et ur til at forstå, om uret viser, hvad klokken er. Det kræver, at vi forstår både urets og *tidens* gang i sammenhæng. Og det er en meget større sag, som - ved vi nu - først vil kunne finde en løsning, når vi forstår alle naturkræfterne *i sammenhæng*.

Cartesianeren Steno og hans begyndende erkendelse af, at Descartes videnskabsteori er ufuldstændig, indfandt sig, da han blev inviteret til Paris for at holde et - nu berømt - foredrag om hjernens anatomi. For at forklare forbindelsen mellem Gud, sjælen og mennesket havde Descartes udtænkt en hjernemodel. Heri sidder koglekirtelen midt i hjernen, hvor den gennem vibrationer og rotationer fungerer som en slags kontakt. Koglekirtlen styres af sjælen, der igen styres af Gud. Når så koglekirtlen berører snart den ene, snart den anden del af hjernens inderside, vil det få hjernen til at sende impulser til musklerne og andre organer, så vi gør, som Gud har bestemt.

Sansning versus perception

Steno (1665) forkastede Descartes hjernemodel fuldstændig, da han havde dissekeret menneskehjerner og som den første gav en naturtro beskrivelse af hjernens anatomi. Steno havde bl.a. noteret sig, at koglekirtlen sidder fast og ikke kan bevæge sig, og at Descartes hjernedissektioner var sløsedede og beskrivelsen spekulativ og forudindtaget. Men ser vi bort fra

Descartes sløse dissektioner og mening om koglekirtlen, sjælen og Guds indvirkning, forstår Steno hjernens grundlæggende funktion omtrent på samme måde: Gennem nerverne transmitterer sanseorganerne signaler fra omverdenen til hjernen, for at den kan træffe hensigtsmæssige beslutninger. Fra hjernen går der derpå impulser gennem andre nervebaner til f.eks. musklerne, så vi agerer, som vi har besluttet. Men i modsætning til Descartes fremhæver Steno, at man endnu intet grundlag har for at mene noget som helst om, hvordan hjernens enkelte dele fungerer.

Om Descartes' og andre spekulative anatomers hjerneforskning udtalte han disse barske ord:

”Disse mennesker vil give Dem en beskrivelse af hjernen og beliggenheden af alle dens funktioner som om de selv havde været til stede ved skabelsen af denne ’vidunderlige maskine’ og havde gennemskuet alle dens store bygmesters inderste planer”.

Modsætningsvis, fortsatte Steno (i hans geologiske afhandling fra 1669), er hjernen så kompliceret, at den næppe nogensinde vil begribe sig selv

”da dog mennesket – selv når det frembringer de allermest kunstfærdige ting – kun gennem en tåge ser, hvad det har frembragt, og hvilke organer det har brugt dertil”.

Dette synspunkt danner bl.a. grundlag for Stenos banebrydende opfattelse af *perceptionen*. Når vi ikke altid er enige, skyldes det, at vi ikke sanser tingene som de er i sig selv, kun de omstændigheder ved tingene, som sanserne er følsomme overfor. Steno opstiller kort sagt en perceptionsmodel, der er meget lig Immanuel Kants (1724-1804) skelnen langt senere mellem ’tingene som de er i sig selv’ (Steno: ’res ut sunt’. Kant: ’das Ding an sich’), og ’tingene som vi opfatter dem’ (Steno: ’notitiam rerum’. Kant: ’das Ding für uns’).

Forud for denne begyndende forståelse af menneskets beslutninger, bevidsthed og delvise sansning af virkeligheden var gået et andet brud med tidens dogmer. Da Steno var begyndt at udforske musklernes funktionsmåde, indså han, at hjertet ikke kunne have den særlige, overnaturlige status, som samtiden tillagde det. I et brev til Thomas Bartholin skriver han omtrent sådan (se Pedersen, 1986):

”Man har anset hjertet for at være sjælens sæde og åndens trone, men i hjertet finder man intet, som ikke også findes i enhver muskel, og i enhver muskel finder man intet, som ikke også findes i hjertet. Hjertet er en muskel”.

Den unge Steno havde ikke selv mod på at offentliggøre denne dogmebrydende indsigt. Men da Bartholin året efter publicerede Stenos brev, der også afviste Bartholin påstand om, at blodet dannes i hjertet, fløj Stenos navn til tops i Europas lærde kredse. Kort tid efter drog Steno til Paris, hvor han holdt sit berømte hjerneforedrag.

Forløber for Karl Poppers ’Conjectures and Refutations’

Efter hjerneforedraget i Paris nåede Stenos ry til Medici’ernes Firenze, hvor storhertug Ferdinand II bad ham give en forklaring på fossilerne, og Steno selv lovede en forklaring på Jordens skabelse.

Med fossilerne stod Steno overfor det problem, at man dengang ikke havde en historisk opfattelse af Jorden. På basis af nøje bibelstudier havde den engelske biskop Ussher omtrent

samtidig fastslået, at Jorden var skabt den 23. november 4004 år før Kristi fødsel, kl. 12, når Solen står højst over London! Jorden var altså mindre end 6.000 år gammel (se Cutler, 2003). Det forekom de fleste lærde helt usandsynligt, at man kunne finde rester af havdyr indlejret i lagene på de højeste fjeldtoppe eller tusinder af mile fra havet. Det ville kræve enorme forandringer af Jorden, som ikke kunne ske på så kort tid, som Jorden havde eksisteret. De 'fossiler' af havdyr, man fandt sådanne steder, måtte derfor være vokset i lagene eller anbragt der af Gud selv, for at vi skulle have noget at undres over.

Steno selv var forundret over, at kulturlagene efter de før-romerske etruskere ved Volterra i Norditalien var mindre end en meter tykke, mens tykkelsen af de geologiske lag nedenunder skulle måles i hundreder af meter. Man vidste fra pålidelige historiske kilder, at etruskernes historie i hvert fald strakte sig 2.000 år tilbage i tiden. Derfor måtte de præ-etruskiske lag dække langt mere end de resterende 4.000 år. Men Steno resignerede i spørgsmålet om Jordens alder. Han anfører i bemærkninger til inkvisitionsensuren, da 'De Solido' (1669) skulle trykkes, at

"I spørgsmålet om Jordens alder er Naturen tavs, kun Skriften taler".

Omtrent samtidig med Stenos ankomst til Firenze blev der imidlertid indbragt en kæmpehaj til Livorno, hvor den påkaldte sig betydelig opmærksomhed. Ferdinand II bad Steno dissekere hajens hoved. Steno opdagede nu, at de såkaldte 'glossopetrae' (fossiler, der kaldtes glossopetrae = tungelignende sten), som ofte kunne findes i bjergene i Italien, var identiske med kæmpehajens tænder. Men han kunne jo ikke uden videre bevise denne sammenhæng. Derfor formulerede Steno (1667) en række principper for frugtbare videnskabelige gisninger og for afvisning af dårlige gætterier. Hermed skabte han en række principper, som på nogle punkter i utrolig grad ligner Karl Poppers (Fig. 5) 300 år yngre videnskabsteori om "Conjectures and Refutations" (se også Kardel, 1994), og som sammen med hans afhandlinger fra 1930'erne og senere om verifikationspositivismens utilstrækkelighed gjorde Popper til en af det 20. århundredes mest ansete videnskabsteoretikere.

Da fossilproblemet var løst, bad storhertugen Steno finde ud af, hvordan Jorden er skabt. Dertil fik han tilstået 3 måneder. Efter 6 måneder undskylder Steno, at han endnu kun kan fremstille en 'prodromus' dvs. en foreløbig forklaring. Problemet er især, at hans undersøgelser viser, at Jordens historie er så langt fra de almindelige forestillinger, at sandsynligvis ingen vil tro ham, med mindre hans forklaringer bygger på uigendrivelige iagttagelser og fuldkommen stringente metoder. 'Prodromussen' (1669) bygger derfor i første halvdel på en lang række grundlæggende betragtninger over, hvordan god videnskab skal udføres, hvilke metoder, der kan anses for at være sikre, og hvilke typer af ønsketænkning og vildfarelser forskere især skal vogte sig for.

Lægen Vilhelm Maar og ikke mindst fysiologen og nobelpristageren August Krogh er de første, der i mere omfattende form har henledt opmærksomheden på Stenos videnskabsteoretiske format og almindelige betydning for naturvidenskabelig tænkning (Krogh og Maar, 1902). Det skete i indledningen til den første oversættelse fra latin til dansk af 'De Solido'. Men da det var skrevet på dansk, fik denne viden ikke større udbredelse, selv om August Krogh senere blev en internationalt berømt og fejret videnskabsmand.

Naturhistoriens basale erkendelseskriterier

Resultatet af Stenos teoretiske overvejelser er præcise forklaringer på, hvordan *forandring* skal forstås helt grundlæggende (Steno, 1669). Derpå følger tre kriterier, som jeg har kaldt Stenos grundlæggende erkendelseskriterier for at udrede og forstå naturens historie (Hansen, 2000a). Den

dag i dag er disse kriterier det væsentligste grundlag for geo- og biovidenskabelig erkendelse og for så vidt også for en række andre videnskaber og teknikker, herunder kriminalteknikken. Således er det Stenos erkendelseskriterier, som 200 år senere inspirerer Conan Doyle til hans mange romaner om den legendariske figur, Sherlock Holmes' opklaringer og stringente metoder (Hansen, 2000).

Første kriterium kalder jeg **kronologikriteriet**. Det er først og fremmest en påvisning af, at enhver relation mellem faste strukturer kan anvendes til dels at påvise, hvad der er dannet først, og hvad der er dannet sidst, og dels hvad der påvirker og hvad der påvirkes af omgivelserne. Hermed kan man udrede hændelsesforløb og skelne sikkert mellem virkninger og mulige årsager.

Andet kriterium kalder jeg **genkendelseskriteriet**. Det bygger på den forestilling, at naturkræfterne – uanset vores beskrivelse af dem – er entydige og almene, og at ting der er fuldstændig ens, derfor også er dannet på samme måde og i tilsvarende omgivelser. Kriteriet er afgørende for at kunne skelne mellem gode og dårlige analogier og er en almen formulering af de teoretiske overvejelser, der i 1667 førte til Stenos sandsynliggørelse af, at fossiler er rester af fortidige dyr og planter.

Tredje og sidste kriterium kalder jeg **bevaringskriteriet**. Hermed kan man – også på rent strukturelt grundlag – afgøre, om en række af kronologisk ordnede hændelser, f.eks. en række af geologiske lag, dækker hele historien, eller om noget mangler.

Først efter etableringen af disse tre fundamentale erkendelseskriterier for udredninger af hændelsesforløb, når Steno i sidste halvdel af 'Prodromus' frem til beskrivelsen af den lange række af geologiske metoder, som gør geologien til videnskab, og som enhver geologistudent skal kunne for at bestå eksamen, men typisk uden at vide hvorfra de stammer. I Fig. 6 har jeg forsøgt at give en samlet fremstilling af Stenos erkendelseskriterier, deres praktiske anvendelse og min systematik (2000a) for en overordnet erkendelsesteoretisk klassifikation af Stenos erkendelsesmetoder

De geologiske principper

Stenos mange fundamentale, rent *geologiske* principper fremgår af 'prodromussens' sidste halvdel, og er vel de principper, der først og fremmest har gjort Steno verdenskendt siden genopdagelsen af ham i 1823-30. Stenos geologiske principper omfatter først og fremmest

1. *Princippet om horisontal lagdeling*: Geologiske lag er oprindeligt aflejret horisontalt eller næsten horisontalt. Hvis et geologisk lag ikke mere ligger vandret, skyldes det senere geologiske hændelser.
2. *Princippet om lateral kontinuitet*: Ens geologiske lag på hver sin side af en afbrydende struktur som f.eks. en dal eller en forkastning, har oprindeligt været sammenhængende.
3. *Superpositionsprincippet*: I en serie af geologiske lag er de nederste lag ældst og de øverste yngst. Superpositionsprincippet består af to kronologiske principper:
 - A) *Formprincippet*: En geologisk struktur, der giver form til en anden geologisk struktur, er ældre end den struktur, den giver form til. En geologisk struktur, der tager form fra en anden struktur, er yngre end den struktur, den tager form fra. (*Dette princip kan synes banalt, men er et alment princip, der har vidtgående erkendelsesteoretiske konsekvenser (Hansen, 2000a, 2007, 2009a,b,c). Først og fremmest giver princippet mulighed for at skelne sikkert mellem virkninger og mulige årsager. Gennem simple studier af kontaktrelationer mellem faste strukturer kan man uden videre fastslå om en form eller struktur er resultat af det forudgåendes form eller struktur (imposition), eller om det forudgåendes forandring er resultat af senere ydre påvirkninger (eksposition). Det fører endvidere til, at det er muligt at*

skelne mellem domænale og ekstradomænale kræfter og fænomener. Princippet tillader at skelne mellem forhold i det betragtede domæne, som kan forklares med almindelige regler (f.eks. naturlovene) dvs. forhold der gælder overalt og derfor også i det domænale observationsfelt, eller forhold som forudsætter en specifik hypotese, der kan forklare, hvad der udefra eller i en anden tid har skabt de pågældende strukturer (f.eks. en istid, en bjergkædefoldning o.l. omfattende fænomener) dvs. særlige forhold i det ekstradomænale observationsfelt.)

- B) *Princippet om stratigrafisk op og ned*: Når geologiske lag hælder, er vertikale, ligger på hovedet eller er foldede, kan den oprindelige stratigrafiske orden erkendes ved hjælp af kontaktrelationen mellem kontinuerte og diskontinuerte strukturer, idet en *diskontinuert* (f.eks. eroderet) struktur er dannet efter dannelsen af det lag, den findes i (f.eks. eroderer). En diskontinuert struktur har derfor oprindeligt ligget *under* den tilsvarende *kontinuerte* struktur, hvad enten lagene nu står lodret, ligger på hovedet eller er retvendte.
4. *Intersektionsprincippet* (eller konkret anvendelse af geologen og filosofen James Huttons senere formulerede princip om intersektion): En geologisk struktur (f.eks. en forkastning), der skærer igennem en anden geologisk struktur (f.eks. et lag) er yngre end den struktur, der gennemskæres. Steno formulerede ikke eksplicit dette princip, men anvendte det i praksis. Endvidere er det meget lig princippet (3B) om bestemmelse af stratigrafisk op og ned.
 5. *Rekonstruktionsprincippet* (eller princippet for 'back-stripping'): Den geologiske historie kan rekonstrueres ved først at 'fjerne' (borttænke) de yngste lag og føre de ældre lag tilbage til den position de havde, før de yngste lag blev dannet. Dernæst fjerner man de næstnyngste lag på samme måde og fører de ældre lag tilbage til den position de havde, inden de næstnyngste lag dannet. Sådan bliver man ved, indtil man ikke kan erkende flere ældre situationer. Når man således har erkendt de geologiske forandringer i omvendt rækkefølge, kan man rekonstruere den geologiske historie i retvendt orden ved begynde med de ældste kendte lag og derefter fortsætte frem mod de yngste. Steno afbildede princippet med en tegneserie, der viser, hvordan han havde kunnet opdele Toscanas geologiske historie i seks stadier.

Ud over disse 5 elementære geologiske principper, formulerede Steno princippet om krystallers vinkelkonstans, også kendt som *Stenos lov*. Det er først og fremmest et *vækstprincip* og blev formuleret som et alment princip om, hvordan faste legemer overhovedet dannes, hvad enten det drejer sig om krystaller, sedimentære lag eller væv i levende organismer: Ethvert fast legeme vokser ved pålejring af atomer, partikler o.l. på en på forhånd eksisterende overflade. Det eneste uvisse er, hvordan kimen til den først eksisterende overflade, f.eks. kimen til en krystal, opstår.

Det er formuleringen af disse geologiske principper, der bevirkede, at Steno på den 2. Internationale Geologkongres i Italien i 1881 blev hædret som geologiens grundlægger samtidig med, at der blev opsat et epitafium over hans formodede grav i San Lorenzo katedralen i Firenze. Først så sent som i 1953 blev hans jordiske rester - der i 1686-87 på Cosimo III's foranledning var blevet smuglet fra Schwerin via Hamborg og Livorno til Firenze - identificeret og placeret i en marmorsarkofag.

Adskillige af 1900-tallets teologer og religiøse videnskabshistorikere har forsøgt at beskrive Stenos afsked med naturvidenskaben og skifte til en teologisk karriere som et brud med den mest religionskritiske af alle videnskaber, geologien. Den åbenlyse forbindelse, der er mellem Stenos, Lyells og Darwins tænkemåde – og ikke mindst den agnosticisme/ateisme som evolutionsteorien førte Darwin frem til – har utvivlsomt motiveret et sådant synspunkt i nyere tid. Men det er ganske urimeligt. Så sent som få dage før sin død, gav Steno udtryk for både stolthed og

glæde over de videnskabelige resultater, han havde nået. Steno så ingen modsætning mellem naturvidenskab og religion. I praksis indebar det for Steno, at videnskaben skulle styre meningene, religionen handlingerne. 'Sand videnskab er den højeste lovprisning af Gud', mens næstekærlighed, askese, lydighed og ydmyghed er den rette levevis. I hvert fald førte Stenos lydighed overfor sine foresatte og opofrende levevis til, at hans liv endte forholdsvis traurigt som titulær biskop (Fig. 7) med den hemmelige, og umulige, mission at starte en modreformation i det protestantiske Nordtyskland og Danmark-Norge.

Stenos abduktive metode og 'geo-semiotik'

Stenos afhandling om fossilerne (1667) og erkendelseskriterierne i 'De Solido' (1669) – og ikke mindst hans rekonstruktion af Toscanas dannelseshistorie i seks stadier (1669) – er eksempel på hans uformulerede, men alligevel klare sondring mellem

- 1) dét man umiddelbart kan forholde sig videnskabeligt til ved hjælp af *almene regler* som f.eks. hans fem almene geologiske principper eller enhver anden almen regel som f.eks. naturlovene
- 2) dét som de geologiske strukturer viser hen til i en anden tid og/eller omverden, men som man ikke kan forholde sig videnskabeligt til uden først at danne sig en *situationsbestemt hypotese* om, hvad der kan være sket.

I 'Stregen i sandet, bølgen på vandet' (2000) og i Fig. 6 har jeg kaldt disse to fundamentalt forskellige betragtningsvinduer det *domænale* og det *ekstradomænale* observationsfelt. Dette bygger på en elementær systematik og metodisk ontologi for geologisk og naturhistorisk logik og argumentation, der bl.a. forklarer, hvorledes det domænale observationsfelt forbinder Stenos geologi med 1800- og 1900-tallets *verifikations-positivistiske* metoder som de f.eks. praktiseres i fysik og kemi, mens det ekstradomænale observationsfelt udgør en selvstændig, stringent geologisk metodik, der forbinder Stenos geologi med Karl Poppers videnskabsfilosofi og nutidens *refutations-positivistiske* og historiske videnskaber bl.a. inden for historisk geologi, tektonik, palæontologi, evolutionsbiologi, samfundsvidenskab og humaniora. I en artikel i nærværende tidsskrift har jeg (2007) givet en nærmere beskrivelse af, hvordan det ekstradomænale observationsfelt og Stenos *abduktive metode* indgår som en central bestanddel i både videnskabelig og dagligdags meningsdannelse.

På basis af Stenos superpositionsprincip og en noget oversat tektonisk ontologi genindførte Berthelsen (1978) begrebet 'ekstradomænale strukturer' og anvender det på tilsvarende måde, om end i en snævrere betydning. Berthelsen anvender de glaciale deformationer og det danske istidslandskab som eksempler på, at geologiske strukturer enten er dannet i sammenhæng med det materiale, hvori strukturerne findes (domænale strukturer, f.eks. alm. sedimentstrukturer) eller er dannet ved senere eller samtidige eksterne processer uden umiddelbar betydning for dannelsen af det materiale, hvori de findes (ekstradomænale strukturer, f.eks. glacialtektoniske forstyrrelser af allerede aflejrede lag).

Opdelingen mellem domænale og ekstradomænale strukturer og fænomener er videnskabsteoretisk nødvendig i glacialtektonikken, fordi vi principielt ikke kan forstå hovedparten af de glaciale deformationer og istidslandskaberne ud fra almene regler og lovmæssigheder som f.eks. tyngdeloven, men er helt afhængige af, at der kan formuleres en *specifik hypotese* om noget der ikke findes mere på stedet, og som kan forklare de observerede deformationsstrukturer og

landskabsformer. En sådan hypotese kunne være, at landskabet engang har været dækket af indlandsis og gletsjere, som har skabt de pågældende ekstradomæne strukturer. Nu er isen for længst smeltet, og vi kan derfor ikke mere studere og fortolke dens virkninger direkte (domænalt), ligesom de glacialtektoniske forstyrrelser ikke kan forklares umiddelbart med naturlovene eller med andre almengyldige regler. Derimod kan vi – forudsat at hypotesen om isens tilstedeværelse, bevægelighed og bortsmeltning er rigtig – analysere de strukturer, som isen har påtrykt lagene udefra, oppefra, nedefra og evt. senere. Derigennem kan vi bl.a. forklare 'dødishuller', at aflejringer i issøer nu fremstår som bakker, og ikke mindst fastslå isens bevægelsesretninger og den kronologisk orden af de enkelte isfremstød.

I alt væsentligt bygger stringente fortolkninger af ekstradomæne forhold på strukturanalysens kronologierkendelse, genkendelse og analogibetragtninger. De hypoteser og eventuelt mere omfattende teorier – f.eks. istidsteorien, evolutionsteorien og pladetektonikken – som disse forhold kan give anledning til, må derudover ikke bryde nogen almen regel, de stonianske erkendelseskriterier eller indlysende analogibetragtninger. Desuden skal hypotesen eller teorien for at kunne kaldes frugtbar opfylde Karl Poppers (1963) refutations-positivistiske kriterier, dvs. hypotesen skal være formuleret således, at den kan afprøves (styrkes eller svækkes, sjældent bevises eller afvises) i forhold til konkrete observationer, alment gældende regler, erkendelseskriterierne og eventuelle relevante analogibetragtninger.

Gennem en sådan *abduktiv analyse* af ekstradomæne forhold kan man sige, at især geologiske studier, der udsiger noget om *historiske* forhold og *eksterne* processer, er en særlig form for 'tegntyding' eller semiotik, der bygger på en mere stringent analytisk metode end de fleste andre historiske fag kan opmønstre uden at føre til det nedslående resultat, at vi intet kan sige med nogen form for sikkerhed. Metodikken heri ligger ikke alene i direkte forlængelse af Stenos geologiske metoder, men også tæt op ad den amerikanske geofysiker Charles S. Peirce (1839-1914, Fig. 8) og hans omfattende filosofiske forfatterskab. I dag anses Peirce for at være USA's mest betydende moderne filosof, bl.a. på baggrund af hans systematisering af naturlige 'tegn' (semiotik) og beskrivelse af *den abduktive metode* og denne metodes ligestilling med deduktion og induktion. Intet tyder på, at Peirce var bekendt med Stenos videnskabsteori, men de to filosofier er nært beslægtede, ligesom Peirce's abduktionsteori ligger tæt på Karl Poppers senere teori om, hvad en frugtbar hypotese er. Det er næppe uden betydning, at både Peirce og Steno var geovidenskabeligt engagerede og påvirket af, at analyser af geologiske strukturer kan gennemføres på et eksakt logistisk grundlag, som modsvarer matematisk funderede formler, men som ikke indgår i de øvrige naturvidenskabers metodiske grundlag. For en første introduktion til Peirce kan man læse Voetmann Christiansen (1997) og hans oversættelse og genudgivelse af centrale Peirce-afhandlinger (1996).

Fra Stenos til Lyells, Darwins og Wegeners naturhistorie

Stenos erkendelsesteori og geologiske principper udgør et afgørende supplement til de matematisk funderede, deterministiske videnskaber, således som de begyndte at tage form på Galileos og Stenos tid og især i årtierne derefter, hvor Newton formulerede de matematiske principper for optikken og bevægelseslovene – og dermed skabte en almen fortolkning af verden inden for det umiddelbart iagttagelige (det domæne).

Inspireret af Galileos matematiske betragtningsmåde havde Steno i udgangspunktet et tilsvarende ønske om at beskrive den komplekse natur – geologien og anatomien – på samme måde. Således forsøgte han i flere sammenhænge at anskue menneskets anatomi ud fra matematisk/geometriske principper, men havde – forståeligt nok – ikke videre held med det. Kun

mht. musklerne lykkedes det ham at finde en geometrisk forklaring på, hvordan de enkelte muskelfibre, bundter af fibre, muskler og muskelbundter virker. Og på det geologiske område lykkedes en geometrisk forklaring kun mht. en forståelse af krystallers form og vækst. Til gengæld viste Stenos rent strukturelle principper, at en helt anden betragtningsmåde kunne føre til ligeså stringente, eksakte og uimodsigelige erkendelser som matematikken kunne lever på det mekaniske område.

Steno indså med andre ord, at simple naturbeskrivelser ikke egner sig til andet end simple situationer, og at naturbeskrivelsen må gribes anderledes an, når man har med komplekse forhold at gøre. Især når der er tale om fortolkning af strukturer, der viser hen til lag, der ikke mere findes f.eks. på grund af erosion, eller til processer i en ikke-igttagelig omverden eller fortid. Disse strukturer giver kun mening, hvis vi forestiller os eksterne og/eller yngre kræfter, der f.eks. har foldet og vendt op og ned på de bevarede lag. I fortolkningen af disse fænomener må vi benytte andre metoder, end naturvidenskaben ellers gør. Vi kan kort sagt ikke begynde at fatte komplekse vekselvirkninger mellem et system og dets omverden og/eller eftertid uden de metoder, som Steno beskrev i 'Canis Carchariae' (1667), i 'De Solido' (1669) og i 'Prooemium' (1673). Begyndelsen til denne banebrydende opfattelse udtrykte han første gang i kritikken af Descartes, da han beskrev menneskets hjerne (se ovenfor), og hvorfor det er nødvendigt at forstå tingene både hver for sig og *i en mere overordnet sammenhæng*.

Det meste af Stenos videnskabelige arbejde er præget af denne *systemiske* tænkemåde, der på væsentlige punkter er afgørende forskellig fra reduktionismen og den fremadstormende mekaniske fysik. Da Steno i sit geologiske arbejde ydermere indså, at kronologien og dermed tidens retning er helt afgørende for at kunne adskille årsagerne fra de observerbare virkninger og dermed for at forstå historiske hændelsesforløb, skilte hans erkendelsesteori sig afgørende ud fra det, der få årtier senere blev til *newtonismen og den klassiske fysik*. Vi får så at sige opdelt naturvidenskaberne i to hovedretninger:

1) de ahistoriske (akrone), matematisk funderede, reduktionistiske discipliner som f.eks. fysik og kemi, hvor verdens gang er forudbestemt og fastlagt af naturlovene, hvor tilfældighed derfor ikke kan forekomme, og hvor tiden principielt kan gå begge veje og blot er en måleparameter, og

2) de historiske (diakrone), empirisk funderede, systemiske discipliner som f.eks. geologi og biologi, hvor uforudsigelighed og tilfældighed er realiteter, hvor hændelsesforløb derfor ikke kan beregnes restløst, og hvor tiden kun kan gå én vej og beskriver verdens irreversible forandring.

Op gennem Oplysningstiden skiller disse to hovedretninger i naturvidenskaben sig mere og mere ud fra hinanden, og adskillelsen fører især i slutningen af 1800-tallet til en række hårde konflikter mellem, hvad man kan kalde deterministerne (eller absolutisterne) og stochasticisterne (eller pragmatikerne). Det er også denne konflikt vi ser klart udfoldet i 1900-tallets første halvdel mellem Einstein og Bohr, hvor Einstein nægtede at anerkende de spontane reaktioner, som Bohr havde beskrevet med atommodellen og kvantemekanikken.

Rækken af determinister udgøres af store navne som Platon, Demokrit, Bacon, Ray, Hooke, Newton, Laplace, Maxwell, Russel, Einstein og Hawkings, mens de største navne blandt stochasticisterne udgøres af store navne som Aristoteles, Epikur, Lucretius, Gassendi, Steno, Leibniz, Hutton, Lyell, Darwin, Boltzmann, Bohr, Prigogine og Gould. Man kan sige, at der hovedsagelig er tale om en konflikt mellem fysikerens og naturhistorikerens betragtningsmåder, men adskillige undtagelser forekommer. Her er Bohrs kvantemekanik, Boltzmanns termodynamik og Prigogines

fysiske filosofi vel de vigtigste fysiske bidrag, der stiller sig på naturhistorikernes side, mens nogen trafik den modsatte vej stort set ikke forekommer – måske med undtagelse af dele af genetikken og molekylærbiologien.

Man kan derfor også hævde, at uden Stenos videnskabsteori og geologiske principper ville naturhistorien, palæontologien, geologien og dermed Darwins evolutionsteori ikke være opstået. Stenos moderne erkendelseskriterier og geologiske principper beredte mere end noget andet vejen for *Charles Lyell* og hans 3-bindsværk 'Principles of Geology' fra 1830-33, hvori Lyell i forordet krediterer Steno for de vigtigste geologiske principper. Disse tre bøger var Darwins primære læsning på sørejsten med Beagle og inspirationskilde for at udvide den videnskabelige naturhistorie om Jordens dannelse og forandring til også at omfatte livet på Jorden.

Charles Darwin omtalte og opfattede sig selv som geolog. Han lagde ud med at beskrive pattedyrenes palæontologi, Sydamerikas geologi, vulkaner og koralrev. Umiddelbart før udgivelsen af *Arternes Oprindelse* (1859) blev han hædret af Geological Society i London. Det vil sige, at Darwin først efter 20 års overvejelser tog skridtet til også offentligt at anvende geologiens - og dermed Stenos - erkendelseskriterier på livets historie (Hansen, 2000a, 2007, 2009d). At Darwin tænkte og arbejdede som en begavet og indsigtfuld geolog på Stenos og Lyells videnskabsteoretiske grundlag, kan man overbevise sig om ved at læse den nyligt udkomne oversættelse til dansk af 1. udgaven fra 1859 af 'Arternes oprindelse', kapitel 9 om 'Den ufuldstændige geologiske viden'. Her gør Darwin sig mange tanker om den delvist udslettede del af naturens historie - dét jeg kalder 'det ekstradomænale', som vi ikke desto mindre kan forholde os stringent til gennem Stenos strukturelle metoder.

Tilsvarende arbejdede geofysikeren *Alfred Wegener* på et klart steroniansk grundlag (Hansen 2000a, 2007), da han i 1915 udgav førsteudgaven til "Die Entstehung der Kontinente und die Ozeane", dvs. den afhandling, hvor Wegener grundlægger kontinentaldriftteorien (genudgivet af Krause *et al.* (2005) med noter og sammenligninger til 4. udgaven fra 1929). Som Steno og Darwin stod Wegener overfor det gigantiske problem, at hans tolkning af naturens 'tegn' i den grad stred mod samtidens opfattelse af naturens historie. De 'tegn' Wegener så på, at naturhistorien var en anden end lærebøgerne fortalte – kontinentenes form, ens geologiske strukturer og formationer på begge sider af oceanerne, tidligere sammenhængende, men nu opbrudte fossile faunaer, floraer, klimater osv. – kunne bedst forstås i sammenhæng, hvis man anvender Stenos rekonstruktive metode og antager den hypotese, at kontinenterne engang har hængt sammen, og at oceanerne er langt yngre end kontinenterne.

Det er uvist, om Wegener vidste, at de erkendelseskriterier han anvendte, kunne føres direkte tilbage til Stenos erkendelseskriterier. Derimod er det sikkert, at det var det, han gjorde. Specielt er det slående, hvor tæt Wegeners arbejdsform ligger op ad principperne for den abduktive metode (Hansen, 2007), således som den først blev beskrevet af Steno i 1667 i afhandlingen om fossilerne, og således som han anvendte den i 1669 til rekonstruktionen af Toscanas geologiske historie.

Litteraturhenvisninger

Berthelsen, A. 1978: The methodology of kineto-stratigraphy as applied to glacial geology. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 27 (special issue), 25-38.

Cutler, A. 2003: The Seashell on the Mountaintop. A story of science, sainthood, and the humble genius who discovered a new history of the Earth, 228 pp. Dutton, USA.

- Darwin, C. 1859: Arternes oprindelse ved naturlig selektion, eller bevarelse af de bedst tilpassede racer i kampen for tilværelsen, 388 pp. (Oversat af Jørn Madsen fra 1. udgaven af *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*). København, Statens Naturhistoriske Museum, 2009.
- Hansen, J. M. 2000a: Stregen i sandet, bølgen på vandet. Stenos teori om naturens sprog og erkendelsens grænser, 440 pp. København, Fremad.
- Hansen, J. M. 2000b: Il giudizio di Stenone sulla metologia cartesiana. I: Karen Ascani, Hans Kermit & Gunver Skytte (red.): Nicolò Stenone (1638-1686). Anatomista, geologo, vescovo, 49-58. Rom, L'Erma di Bretschneider.
- Hansen, J. M. 2005: Steno. I: R. C. Selley, L.R.M. Cocks & I.R. Phimer (eds.): *Encyclopedia of Geology*. Amsterdam, Elsevier, 226-233.
- Hansen, J. M. 2007: Hvad adskiller geologi fra anden naturvidenskab og metafysik? Eksempler fra dansk poesi, politik og naturvidenskab. *Geologisk Tidsskrift* 2007, 27–56.
- Hansen, J. M. 2009a: On the Origin of Natural History: Steno's Modern, but Forgotten Theory of Science. I: Gary D. Rosenberg (red.): *The Revolution in Geology from Renaissance to the Enlightenment*. The Geological Society of America, *Memoir* 203, 159-178.
- Hansen, J. M. 2009b: Geologiens grundlegger. *GEO*, Trondheim, 2009 nr. 8, 40-42 (Også på GEOs netsted: http://www.geo365.no/nytt_om_navn/nielstensen/)
- Hansen, J. M. 2009c: On the Origin of Natural History: Steno's Modern, but Forgotten Theory of Science. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 57, 1-24.
- Hansen, J.M. 2009d: Geologen Darwin. *Aktuel Naturvidenskab* 2009, 6, 44-45.
- Kardel, T. 1994: Steno. Life, Science, Philosophy (with Niels Stensen's Proomium or Preface to a Demonstration in the Copenhagen Anatomical Theater in the Year 1673, and Holger Jacobæus: Niels Stensen's Anatomical Demonstration no. XVI, and other texts translated from Latin). *Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium*, 42, 159 pp.
- Krause, R., Schönharting, G. & Thiede, J. 2005: Alfred Wegener: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Nachdruck der ersten Auflage (1915) under der vierten Auflage (1929), Berlin, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, 481 pp.
- Krogh, A. og Maar, V. 1902: Foreløbig Meddelelse til en Afhandling om Faste Legemer, der findes naturligt indlejrede i Andre Faste Legemer. København, Gyldendalske Boghandels Forlag, 106 pp. (Oversættelse af Stenos "De Solido" fra latin til dansk, med Krogh og Maars indledning).
- Lyell, C. 1830-33: *Principles of Geology, being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface by Reference to Causes Now in Operation*. Bind I-III. (Bind I genudgivet i 1990 med forord af Martin Rudwick. University of Chicago Press).

Maar, V. 1910: Nicolai Stenonis: Opera Philosophica. København, Vilhelm Tryde, vol. I (I-III), p. 112-125.

Pedersen, O. 1986: Niels Stensens videnskabelige liv . Århus, Stenomuseets Venner, 48 pp.

Popper, K. R. 1963: Conjectures and refutations. The growth of scientific knowledge. London, Routledge and Kegan Paul.

Rosenberg, G. D. 2009 (red.): The Revolution in Geology from the Renaissance to the Enlightenment. The Geological Society of America, Memoir, 283 pp., Boulder, Colorado. (Med bidrag fra bl.a. Steno-forskerne Troels Kardel, August Ziggelaar, Battista Vai, Sebastian Olden-Jørgensen, Elsebeth Thomsen og Jens Morten Hansen).

Scherz, G. 1960: Niels Stensen's first dissertation. (Facsimile reproduction af Stenos latinske tekst, engelsk oversættelse, introduktion og illustration af Stenos 'De Thermis'). Journal of History of Medicine and Allied Sciences, 15 (3), 247-264.

Scherz, G. 1963: Pioner der Wissenschaft. Niels Stensen in seinen Schriften. Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium. Editi Bibliotheca Universitatis Hauniensis, 18, 348 pp.

Scherz, G. 1969: Steno's Geological papers (i oversættelse fra latin til engelsk v/Gustav Scherz og Alex J. Pollock, med Gustav Scherz' noter). Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium. Editi Bibliotheca Universitatis Hauniensis, 20, 370 pp. (Udgivet af Odense University Press).

Stenonis, Nicolaus 1660: Disputatio Physica de Thermis. (Find Stenos originale latinske tekst og oversættelse til engelsk i Scherz (1960 and 1969)).

Steno, Nicolaus 1665: Discours de Monsieur Stenon sur L'Anatomie du Cerveau a Messieurs de l'assemblée, qui se fait chez Monsieur Thevenot. Held 1665 and published 1669 in Paris. (Find Stenos originale tekst på fransk i Maar (1910, p. 1-36))

Stenonis, Nicolai 1667: Elementorum Myologiae Specimen seu 'Musculi Descriptio Geometrica' cui accedunt 'Canis Carchariae Dissectum Caput' et 'Dissectus Piscis ex Canum Genere'. Ad Serenissimum Ferdinandum II, Magnum Etruriae Ducem. Florentiae, Ex Pypographiae sub signo Stella. MDCLXVII. (Find oversættelser fra latin til engelsk i Kardel, 1994 – alle tre afhandlinger – og af 'Canis Carchariae' desuden i Scherz, 1969).

Steno, Nicolaus 1669: De Solido Intra Solidum Naturaliter Contento Dissertationis Prodromus. Ad Serenissimum Ferdinandum II, Magnum Etruriae Ducem. Florentiae, 78 pp., 1 pl. (Find Steno's originale tekst og oversættelse fra latin til engelsk i Scherz (1969) og oversættelse til dansk i Krogh og Maar (1902).

Steno, Nicolaus 1673: Prooemium or Preface to a Demonstration in Copenhagen Anatomical Theater in the Year 1673 (oversættelse fra latin til engelsk). I: Troels Kardel, 1994: Steno. Life, Science, Philosophy. Acta Historica Scientiarum naturalium et Medicinalium, vol. 42.

Voetmann Christiansen, P. 1996: Oversættelse, indledning og noter til: Charles Sanders Peirce: Kosmologi og metafysik. Fem artikler fra tidsskriftet *The Monist*, 1891-93. København, Samlerens Forlag, 196 pp.

Voetmann Christiansen, P. 1997: Charles Sanders Peirce. Den pragmatiske amerikaner. I: Birgitte Rahbek (red.): Når mennesket undrer sig – vestlige tanker gennem 2500 år. København, Centrum, 345-358.

Ziggelaar, A. 1997: Chaos. Niels Stensen's Chaos-manuscript. Copenhagen, 1659. Complete edition with introduction, notes and commentary. *Acta Historica Scientiarum naturalium et Medicinalium*, 44, 520 pp.