

være nyttig. Middelalderens glæde ved opfindelsen, ved løsningen af praktiske problemer, har præget den vestlige kultur lige siden. Middelalderen forbindes ofte med ørkesløse disputationer – diskussioner om antallet af himle, om hvor mange engle, der kan sidde på et knappenålshoved osv. – men der er også en anden side: glæden og dygtigheden omkring det praktiske og det tekniske.

På trods af en efter nutidens standard meget ringe viden om verdens indretning var det muligt i middelalderen at starte den proces, vi kalder “opdagelserne”. Man rejste bl.a. over land, men det store gennembrud var, at man med nye navigations- og måleinstrumenter og nye skibstyper kunne gennemføre endog meget lange rejser over havet. De opdagelsesrejsende var munke og købmænd. De bragte nye instrumenter og opfindelser tilbage, ligesom de skrev om deres oplevelser. Den kendteste er den venetianske købmand Marco Polo (1254-1324), der rejste til Kina. Senere kom selvfølgelig Christoffer Columbus (1451-1506) og opdagelsen af Amerika. Opdagelserne og mødet med fremmede kulturer havde store økonomiske, politiske og tekniske konsekvenser. Det er i høj grad dét, som historien siden middelalderen handler om. Grækerne og romerne rejste også, ligesom de skrev om deres opdagelser. De koloniserede også. Romerne var dominerende i århundreder i Frankrig og meget store dele af England. Men grækerne og romerne var dybest set ikke interesserede i andre kulturer end deres egen, og holdningen var, at de selv var civiliserede, mens de andre var barbarer. Middelalderens opdagelsesrejsende fulgtes af kristne missionærer. De kristne ville “udrydde” eller “bekæmpe” muslimerne, sådan som det skete i Spanien, hvor man ved slutningen af middelalderen havde fået uddrevet eller konverteret det muslimsk-arabiske samfund. Men middelalderen udviste også kontakt og samlevn. De normanniske fyrster på Sicilien var således sponsorer for kulturelle institutioner, hvor muslimsk-arabisk, jødisk og kristen forskning og tænkning mødtes, og en række store muslimsk-arabiske tænkere og forskere – bl.a. Avicenna (Ibn Sina på arabisk, 980-1037) og Averroes (Ibn Rushd, 1126-98) – fik enorm indflydelse i Europa.

## **Etableringen af universiteterne**

På denne tid opstod der i Vesteuropa også en række institutioner, der lignede de antikke forskningsinstitutioner. Dog adskilte de sig på en række punkter. Først og fremmest var de afhængige af kirken, hvis eksistens og

dominans satte rammerne for deres udfoldelse. Skoler i direkte tilknytning til kirken kaldtes i Danmark katedralskoler. Den vigtigste institution, der opstod, var dog universitetet. Universitetet skulle primært uddanne præster, læger og jurister. Selvom antikkens forskningsinstitutioner ikke havde uddannet folk til bestemte embeder, var indholdet i middelalderens uddannelsesinstitutioner i høj grad bestemt af antikkens lærdom, filosofi og videnskab.

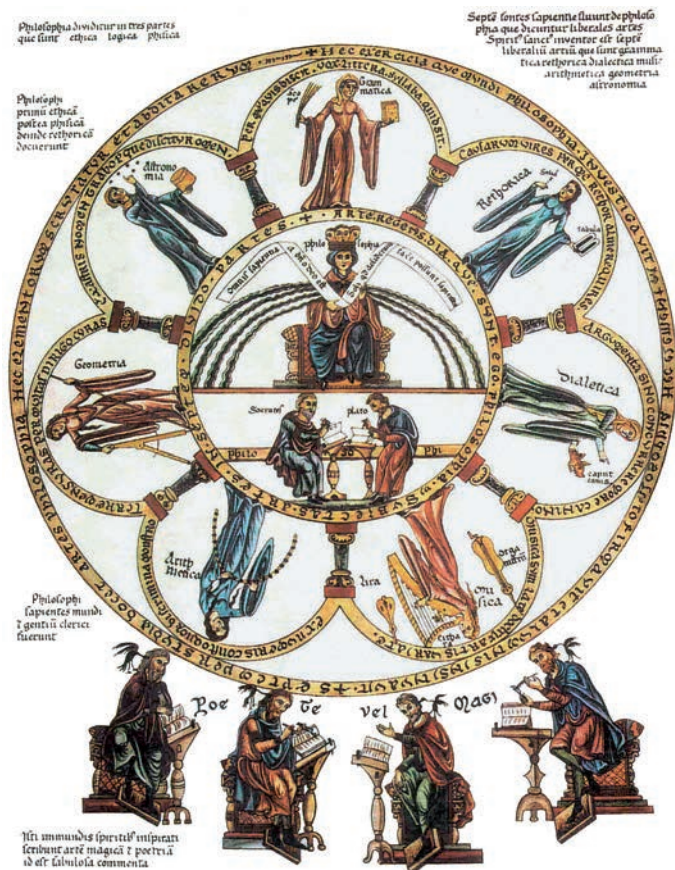
Det, man læste, var først og fremmest de bevarede og nyopdagede antikke værker, og det var herfra, at man fik både viden og et begrebsapparat. Teologien var præget af antikkens filosofi, lægestudiet af Galen og den videreudvikling, som hans tanker havde gennemgået hos araberne, og juraen var præget af en sammentænkning af romerretten og kirkelig ret. Den kirkelige ret havde netop udviklet sig under påvirkning af romerretten, men havde også udviklet sig på nye måder, især i forbindelse med de problemstillinger, som en organisation som kirken bød på.

Langsomt opstod to magtformer uden om kirken. Den ene var den verdslige magt i form af kongedømmet. Det var en type suveræn magtinstans, der ikke som sådan var afhængig af kirken, og der var altså ikke tale om "kirkefyrster".



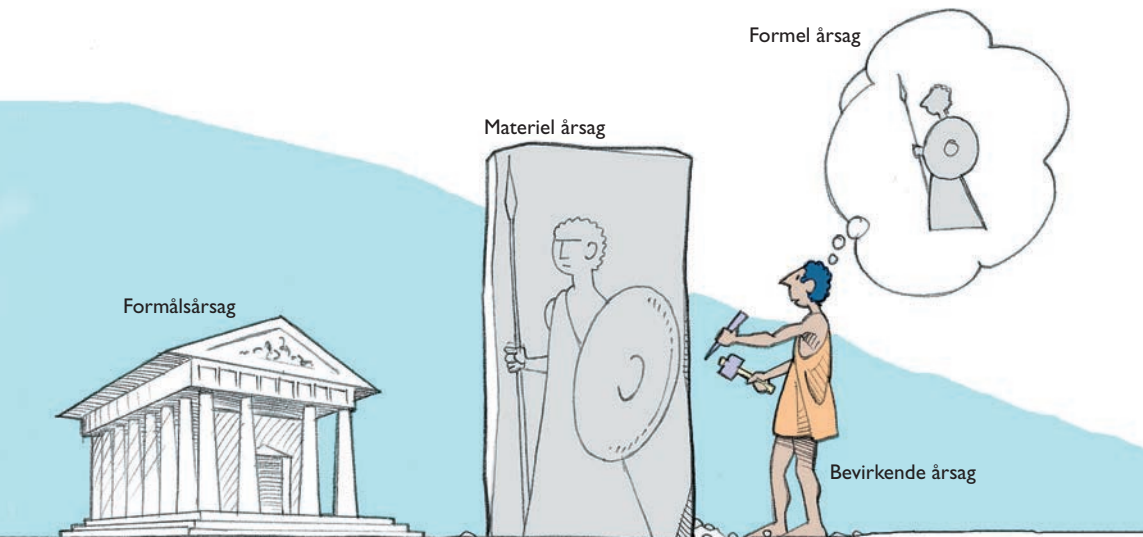
Skolen i Bologna nævnes ofte som et af de første europæiske universiteter. Her underviste bl.a. Henricus de Alemania (1300-tallet) fra katedret. Her ses han afbildet af Laurentius de Voltolina, ca. 1360. Bemærk den allerede dengang varierende grad af interesse fra tilhørerne.

“De syv frie kunster”, fra *Hortus deliciarum* af Herrad von Landsberg (ca. 1130-95), fra 1180. Øverst ses grammatikken, og derpå kommer (med uret): retorikken, dialektikken, musikken, aritmetikken, geometrien og astronomien.



Den anden var det uafhængige universitet, der igen selvfølgelig ikke kunne tænkes uafhængigt af den kristne religion, men som ikke var underlagt kirken – og som ligesom kongemagten også tit lå i bitter strid med kirken. Universiteternes uafhængighed var da også i høj grad en følge af den verdslige magt: det var kongemagten, der sikrede selvstændigheden i forhold til kirken.

Universitetet var organiseret med ét fakultet, der leverede en grundlæggende uddannelse i de såkaldte “frie kunster”, dvs. de klassiske dannelsesfag organiseret i *trivium* og *quadrivium*. Trivium var de discipliner, der havde med redskaber til erkendelse at gøre (grammatik, logik og retorik), og quadrivium var de afgørende videnskaber (geometri, aritmetik, astronomi og musik). Derudover var der tre overordnede fakulteter, der uddannede egentlige professionelle – læger, jurister og teologer. De studerende og lærerne havde magten, i stigende omfang lærerne, og forestillingen om en selvstyrende organisation opstod. Der var for så vidt ikke tale om forskning,



Ifølge Aristoteles består en komplet beskrivelse af et naturligt fænomen af fire årsager: den første årsag er den materielle årsag (*causa materialis*), dvs. substratet, hvormed fænomenet er frembragt. Den anden er den formelle årsag (*causa formalis*), den tredje er den bevirkende årsag (*causa efficiens*), og den fjerde er formålsårsagen (*causa finalis*). Tager man en skulptur som eksempel, er marmorstenen den materielle årsag, skulpturen den formelle årsag, skulptøren den bevirkende årsag, og ønsket om at udsmykke templet er formålsårsagen (se også s. 35).

men først og fremmest om at man forelæste og docerede, bestemte lærebygninger, som så i øvrigt blev sat til diskussion.

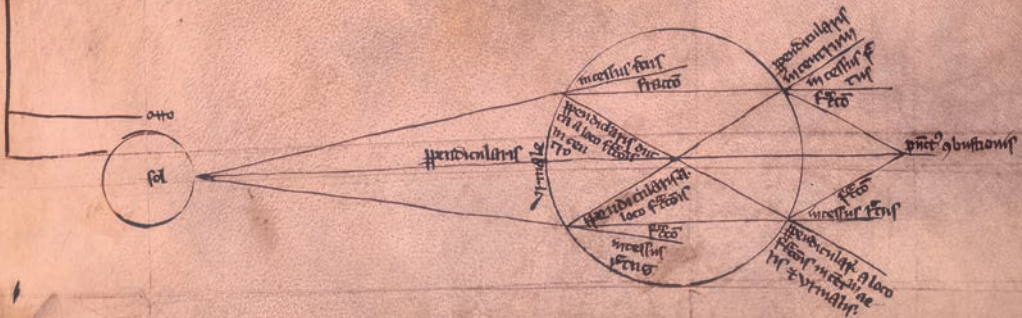
Der dannede sig en forestilling om det, vi stadig kalder akademisk frihed: alt kunne diskuteres, og der var ikke nogen højere autoritet, der kunne afgøre, hvad der var sandt eller falskt. Det måtte afgøres ved undersøgelse af de foreliggende argumenter. Universitetet

var dog autoritetstro i den forstand, at en af de foretrukne akademiske gener var kommentaren. Ved at kommentere et værk af Aristoteles kunne man udfolde sine egne synspunkter, men altid i dialog med autoriteten. Autoriteten var "autoren", dvs. forfatteren. Kommentatoren var sekundær og tog udgangspunkt i, hvad der allerede forelå af synspunkter og standpunkter.

Lærere og studerende kunne i stort omfang fungere ved forskellige universiteter, da man overalt arbejdede på latin – datidens universelle sprog. Til gengæld var man stærkt hæmmet af, at alt skriftligt materiale måtte fremstilles i håndskrift, typisk af mange skrivere, der skrev efter fælles diktat.

Universitetet udviklede altså ideen om et selvstyrende og selvregulerende samfund, der, inden for visse rammer, var indstillet på at søge sandhed og på at uddanne professionelle, der via deres uddannelse kunne arbejde for samfundet. Fra midten af 1200-tallet skete det i stadigt stigende omfang på basis af et studium af Aristoteles' skrifter. Det var Aristoteles, der blev udgangs-

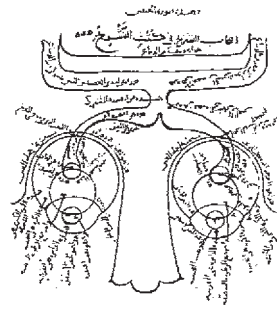
... et qd magis apparet quod hinc magis delectationem ad se habet. Et in  
 hoc apparet distans a actuali potest esse unum in fine in actuali linea  
 in hoc quod est. Et hinc in linea in actu est, hinc quod p[ro]p[ri]o d[omi]n[us] est  
 hinc caput in hinc. Et hinc in actu est hinc ad actuali in actu in p[ro]p[ri]o d[omi]n[us]  
 in actu in actu. Et hinc in actu est hinc ad actuali in actu in p[ro]p[ri]o d[omi]n[us]



punkt for den grundlæggende forståelse af, hvad intellektuel aktivitet inden for filosofi og videnskab er for noget. Aristoteles' fire årsager dannede den teoretiske model for, hvordan sund videnskab skulle se ud. Først langt senere, i romantikken, blev universitetet forstået som en institution, der kunne tjene helt andre formål, f.eks. etableringen af national identitet.

Ved visse universiteter specialiserede man sig i bestemte fagområder. Pariser-universitetet var bredt favnende, mens man i Bologna specialiserede sig i jura, i Salamanca og Montpellier i medicin osv. I Oxford optrådte i midten af 1200-tallet også en række forskere, der forsøgte sig med eksperimentel videnskab, dvs. forskning, der ikke kun analyserede andres tekster eller forsøgte at tænke sig frem i dialektiske processer. Det var bl.a. Robert Grosseteste (ca. 1170-1253) og Roger Bacon (1215-92), der studerede lys og linser, hvilket resulterede i de første brugbare briller. De baserede sig i mange sammenhænge på arabiske forskere, først og fremmest Ibn al-Haitham (ca. 965-1040), kaldet Alhazen, som virkede omkring år 1000 i Cairo og især studerede lyset og dets egenskaber, herunder øjet og dets dannelse af billeder.

I sin bog *De multiplicatione specierum* beskriver Roger Bacon en adskillelse af magi, som virker gennem suggestion, og naturvidenskab, som virker gennem naturlige årsager. Her ses optik-diagram fra bogen · British Library.



Ibn al-Haitham, kendt som Alhazen, skrev mellem 1000 og 1100 flere afhandlinger om optik, medicin og astronomi. I diagrammerne fra *Optikkens bog* fra 1038 beskriver han de enkelte elementer i det menneskelige øje.

Der var således tale om et omfattende og bredt studium af en lang række empiriske fænomener – fysiske, filosofiske, matematiske, psykologiske, logiske og lingvistiske. Den afgørende forskel i forhold til tidligere var, at man eksplicit søgte praktiske resultater og ønskede at konfrontere sine teorier med eksperimentelle og observerbare forhold. Man havde endnu ikke nogen egentlig målingspraksis, og heller ikke nogen forestilling om, at matematik og matematiske modeller direkte lod sig anvende i eksperimentelle situationer. Måling er typisk en aktivitet, der resulterer i tal, og man tænkte stadig – præget af antikkens grækere – i geometriske modeller, selvom tabeller over observationer blev mere og mere udbredte. Man anvendte måleinstrumenter, f.eks. astrolabiet, og man lavede laboratorieopstillinger, men en egentlig teknisk præcis målepraksis var der ikke tale om. Optik egnede sig til geometrisk behandling, og man undersøgte og fremsatte teorier om f.eks. øjets dannelse af billeder.

Den aristoteliske tænkning, som blev taget for givet, sagde, at man skulle søge efter årsagerne, de materielle, formelle og virkende, og sætte tingene ind i en overordnet formålsbestemt sammenhæng. Når man således skulle forklare regnbuen og dens farver, så man efter de betingelser, den opstod under – det, vi i dag ville kalde begyndelsesbetingelserne. Man søgte dens årsager og mening. Man målte også på brydning af lyset i regndråberne og fandt de to forskellige brydninger, der skaber den dobbelte regnbue. Men man så ikke efter den *generelle* lovmæssighed for lysets brydning.

For den aristotelisk tænkende fysiker er den underliggende



Astrolabiet gør det muligt at beregne Solens og stjernernes positioner på himlen og deres op- og nedgangstidspunkter på en vilkårlig dato og på et hvilket som helst tidspunkt. Det sker ved at simulere bevægelserne i en plan projektion, som er opfundet i det antikke Grækenland. Billedet her viser et persisk astrolabium fra 1800-tallet. Punkterne for enden af de krumme kroge markerer de mest lyse stjerners position · Whipple Museum of the History of Science, Cambridge.

logik et spørgsmål om at finde de rette egenskaber, så man kan udtale sig i subjekt-prædikatsætninger – såsom “mennesket er et rationelt dyr” – om fænomenernes essens og deres årsager. Der er enorm forskel på dette og så senere tiders begreber om videnskab. For en senere tænker som f.eks. René Descartes (1596-1650) er den underliggende logik en ganske anden. Han ønsker at udtale sig om relationer mellem kvantitative størrelser. Det forudsætter målinger og et algebraisk begreb om en funktion, om et konstant forhold mellem et input og et output – med andre ord det, vi i dag ville kalde en matematisk formuleret naturlov. Det eksperimentelle datagrundlag var for så vidt allerede til stede, idet Ptolemaios havde lavet målinger og tabeller over lysbrydning. Der var bare ingen, der formulerede den simple brydningslov ved hjælp af en trigonometrisk funktion – den lov, som senere bliver udgangspunkt for den forklaring af regnbuen, som Descartes fremlægger i 1637.

Middelalderens teologi, der var den helt afgørende teoretiske disciplin i et samfund præget af organiseret og institutionaliseret religion, baserede sig på læsning og fortolkning af tekster. Samtidig var der en stærk tro på fornuften, der dog ikke kunne forholde sig til de egentlige religiøse mysterier, men måske netop kunne bruges til at indse sin egen begrænsning. Forskere arbejdede med oversættelser og kommentarer, i høj grad hjulpet af latinens status som internationalt sprog. Filosofien blev betegnet som teologiens “tjenestepige”, og den skulle bidrage til at løse de problemer, som teologerne arbejdede med. Teologerne arbejdede også med sprog og argumentationsteori: grammatik, retorik og logik var discipliner med stor betydning i middelalderen, og de blev formet af deres relation til teologien og den praktiske brug inden for kirkens rammer. I antikken havde deres rolle været præget af den politiske og retslige virkelighed, og man brugte især retorikken som træning i at tale til forsamlinger og i at forelægge en sag for retten. For den middelalderlige tænker var de tre discipliner tæt sammenhørende, idet de alle beskæftigede sig med det naturlige sprog, nemlig latin. At grammatik og retorik var sproglige discipliner, var ikke så kontroversielt – men at logik var det, det var noget nyt. Logik var ikke direkte formulering af sprogregler eller regler for talen, men snarere teorier om, hvad sprog, mening og argumentation egentlig helt grundlæggende var for en type aktiviteter. Logikken blev altså forstået meta-sprogteoretisk.

Thomas Aquinas (ca. 1225-74) var kirkens største teolog i middelalderen. Han var aristoteliker, men også empiriker, og formåede således at forene kirkens skolastiske tradition med de nye strømninger fra genopdagelsen af den antikke tænkning. Aquinas' såkaldte beviser for Guds eksistens var f.eks. baseret på både teologiske argumenter og erfaringer fra den fysiske verden og formulerede en naturlig teologi, der fik stor indflydelse på både den romersk-katolske kirke og filosofien generelt. Aquinas' fem argumenter blev ligesom Aristoteles' fire årsager anset for at være videnskabelig tænkning af højeste kvalitet, selvom vi i dag snarere ville karakterisere dem som metafysik eller religiøse anskuelser. Men man skal huske på, at tidligere tiders forklaringsmodeller kun efter århundreders opsamling af empirisk materiale og analytisk arbejde kan karakteriseres som uvidenskabelige. I middelalderen var situationen anderledes. Naturvidenskaben var en del af filosofien, og metafysikken var en del af logikken, der skulle tjene teologien.

Fra midten af 1000-tallet og frem til slutningen af 1300-tallet udvikledes en avanceret logik, der omfattede teorier om de mange måder, sprogets dele kan referere til virkeligheden på, de mange måder, man kan argumentere på, og analyser af sprogets forskellige dele – ikke forstået grammatisk, men ud fra delenes helt forskellige logiske egenskaber. Hvis vi f.eks. analyserer sætningerne “København er navnet på Danmarks hovedstad” og

### •• Thomas Aquinas' gudsbeviser

I sit hovedværk *Summa Theologiae* (1265-74) fremsætter Thomas Aquinas fem beviser (eller argumenter) for Guds eksistens.

De er som følger:

*Bevægelsesargumentet*, der siger at alt, hvad der bevæger sig, må være blevet bevæget af noget andet. Derfor må der eksistere en første bevæger, som selv er ubevæget.

*Argumentet om en efficient årsag*, der siger, at sekvensen af alle årsager i universet må skyldes en første årsag. Og denne første årsag er Gud.

*Argumentet om den nødvendige eksistens*, som siger, at alle ting afhænger af andre ting for at eksistere, og derfor må der væ-

re mindst én ting, som eksisterer forud for dem. Derfor må denne nødvendige eksistens eksistere.

*Argumentet om graduering*, som siger, at alle ting kan sammenlignes ud fra kvaliteter som godt og ondt, smukt og grimt, osv. Derfor må der eksistere et absolut godt og perfekt væsen.

*Designargumentet*, også kaldet det teleologiske argument. Det siger, at hele naturens orden ikke kan være blevet skabt tilfældigt og derfor må skyldes en oprindelig og intelligent skaber, som har designet alt det eksisterende (se også s. 372).



“København er en stor by”, er de begge grammatisk set stort set identiske, men logisk set er de helt forskellige. Den ene omhandler byen København, den anden ordet “København”. Hvis vi ved, at den første sætning er korrekt, kan vi slutte følgende: “Danmarks hovedstad er en stor by”, og “København’ er navnet på en stor by”. Men vi kan ikke slutte, at “En stor by’ er navnet på Danmarks hovedstad”. Middelalderens logikere interesserede sig for sådanne intrikate samspil mellem sproget og logikken. De havde et fælles sprog at arbejde med, latinen, og de havde en fælles motivation for at beskæftige sig med, hvad der af mange måske kunne opfattes som spidsfindigheder, nemlig den lange række af intrikate fortolkningsproblemer, som kristendommen rejste.

## Det arabiske talsystem

En af de ting, vi i allerhøjeste grad kan takke middelalderens mennesker for, er muligheden for at foretage simple beregninger. Det var i middelalderen, at arabertallene blev indført. Det afgørende var ikke selve taltegnenes udseende, altså om man skrev “fem” som 5 eller som V. Det afgørende var først og fremmest nullet, og det dertilhørende positionssystem. I tallet 555 betyder “5” et sted “fem hundrede”, et andet “halvtreds”, og et tredje “fem”, underforstået “fem enere”. 555 skal altså læses “ $5 \cdot 100 + 5 \cdot 10 + 5 \cdot 1$ ”, og pladserne regnes fra højre mod venstre og baserer sig på potenser af 10 startende med 0. Så 555 kan også skrives “ $5 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$ ”. Taltegnet 0 benyttes så til at betegne, at der ikke er nogen hundreder, tiere eller enere eller nogen anden potens af 10. Nullet og positionssystemet kan i princippet bruges med alle tal som grundtal – dvs. man kan også bruge potenser af 2, 8, 20 eller hvilke som helst andre tal. Det blev dog 10-tals-systemet, der blev dominerende, selvom reminiscenser af både 12 – og 20-tals-systemer findes den dag i dag.

Tal kunne nu repræsenteres på en simpel måde med et begrænset antal grundlæggende taltegn, ciffer-tegn, nemlig de ti taltegn fra 0 til 9. Med disse kunne der skrives uendeligt mange tal, idet antallet af positioner fra højre mod venstre var ubegrænset. Det var noget nyt, en form for tallenes alfabetisering.

Men endnu vigtigere var det, at denne repræsentation af tal muliggjorde udvikling af skriftlige regnemetoder baseret på simple manipulationer med