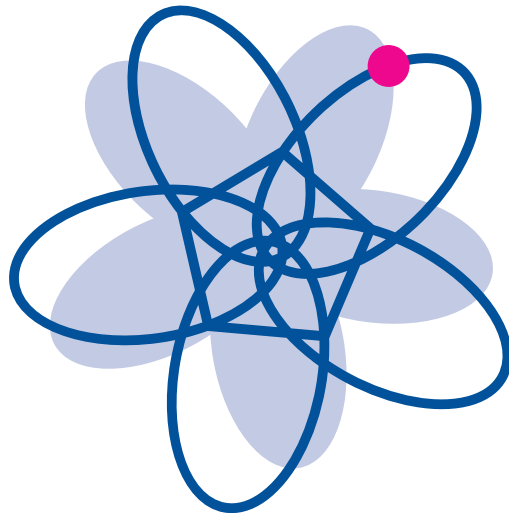


RePoSS #38:

Kildecentreret matematikhistorie i praksis: En kort indføring i matematikhistorisk metode

Henrik Kragh Sørensen

April 2016



Please cite this work as:

Henrik Kragh Sørensen (2016). *Kildeceneret matematikhistorie i praksis: En kort indføring i matematikhistorisk metode*. RePoSS: Research Publications on Science Studies 38. Aarhus: Centre for Science Studies, University of Aarhus. URL: <http://www.css.au.dk/reposs>.

Kildecntreret matematikhistorie i praksis: En kort indføring i matematikhistorisk metode*

Henrik Kragh Sørensen[†]

18. marts 2018



<http://www.matematikhistorie.dk>

Indhold

1	Indledning: Kildecntreret matematikhistorie	2
2	Arkefortællinger og matematiksyn	3
2.1	Matematikkens tider	4
2.2	Matematikkens agenter	5
3	Kildecntreret matematikhistorie i praksis	5
4	En kilde og dens kontekster	10
5	Matematikshistorisk fortolkning	12
6	Iterativ kildelæsning	15
7	Indgange til den matematikhistoriske litteratur	16
	Referencer	18

*Den oprindelige version fra april 2016 er revideret for stavefejl etc.

[†]I april 2016: Center for Videnskabsstudier, Institut for Matematik, Aarhus Universitet; siden august 2016: Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.

1 Indledning: Kildecentreret matematikhistorie

Pointe: Kildecentreret matematikhistorie er sjovt og lærerigt.

Matematikhistorie er et fascinerende interdisciplinært felt, som trækker forbindelser både til matematik, historie og videnskabsteori. Som sådan har feltet opnået en egen akademisk identitet som et forskningsfelt med stillinger, undervisning og forskningstidsskrifter. På forskningsniveau har feltet også udviklet en række centrale forskningsspørgsmål, en række analytiske værktøjer, nogle klare præferencer og normer. Men selvom matematikkens historie kan spore sin egen historie langt tilbage, og Danmark igennem lang tid har spillet en ledende rolle inden for feltet, så er det sparsomt med metodisk litteratur på dansk.¹ Denne note forsøger at udfylde dette hul ved at præsentere en *kildecentreret tilgang til matematikkens historie*. Ambitionen er at syntetisere og operationalisere en række metodediskussioner ud fra det kildecentrerede perspektiv og på den måde også stå i forbindelse med tilsvarende diskussioner fra historiefaget generelt (se fx Kjeldstadli, 2001; Sandmo, 2015). Det tiltænkte publikum er først og fremmest universitetsstuderende, som tager et matematikhistorisk kursus eller skriver et matematikhistorisk projekt, men ikke har en uddannelsesmæssig baggrund i historisk metode.

Den kildecentrerede tilgang til matematikkens historie baserer sig på en undersøgende og nysgerrig holdning til matematikkens udvikling, form og brug. For mig er matematikhistorie ikke et fast afgrænset vidensområde, men nærmere en måde at stille spørgsmål og formulere svar omkring vigtige dele af matematikken i al dens bredde — indhold, betydning, motivation, kontekst, tilblivelse, brug etc. Matematikhistorie kan være en måde at stille hvorfor- og hvordan-spørgsmål til matematik og få autentiske og relevante svarmuligheder ud af det. På den måde rummer matematikhistorie mange forståelsesmuligheder, og den har derfor stort potentiale både som individuel erkendelsesproces og som didaktisk redskab på alle niveauer.

Ved at tage udgangspunkt i at forstå spor fra fortidig matematik kan man blive klogere både på den matematik, der indgår i kilden, på matematisk tænkning og forståelse mere generelt, og på matematikkens vilkår og indflydelse i sociale, politiske og personlige kontekster. Matematikhistorie kan — bedrevet med nuancer og nysgerrighed for øje — gøre matematikken menneskelig, dynamisk og relevant.

¹På engelsk findes fx Wardhaugh (2010), som er en lille bog, der udmærker sig ved at illustrere matematikhistorisk metode igennem at stille gode spørgsmål til værker af NEWTON. Der findes ydermere en metode-orienteret litteratur til nabo-disciplinen videnskabshistorie, især i form af værket Kragh (1987/1994). Det sammenlignende værk Dauben og Scriba (2002) forsyner et kronologisk og geografisk overblik uden at gå dybt ind i de metodologiske valg (se også Remmert, Schneider og Sørensen, 2016). Det relaterede spørgsmål om valg og udvikling af matematikhistoriske spørgsmål er udmærket illustreret i værker som fx Stedall (2012) og Robson og Stedall (2009).

2 Arkefortællinger og matematiksyn

Pointe: Matematikhistorie er matematik og historie — og meget mere til.

Selvom matematikken (i dag) er et vældigt logisk intellektuelt bygningsværk, så er matematikkens historiske udvikling langt mindre struktureret. For eksempel lærer vi måske i dag, at de centrale talbegreber — $\mathbb{N}$, $\mathbb{Q}$, $\mathbb{Z}$, $\mathbb{R}$ og $\mathbb{C}$ — er gradvise udvidelser, som fuldstændiggør talområdet med hensyn til forskellige begreber: multiplikativt, additivt, topologisk og algebraisk. Men så logisk og lineært er indførelsen, begrundelsen og brugen af tallene langt fra forløbet, hvis vi seriøst inddrager den historiske udvikling (se fx Gericke, 1996). Selve den lineære opstilling er problematisk, for man tænkte længe i termer af forhold og ikke i brøker (og det er begrebsmæssigt forskellige ting i den historiske analyse), og det er ikke klart, om den additive eller den multiplikative udvidelse kommer logisk (og historisk) først. Mere kritisk brugte man nye talbegreber længe før man havde logiske begrundelser for dem, og i det hele taget synes denne simple model at negligere matematikkens problemløsende karakter på bekostning af det logiske bygningsværk.

Med udgangspunkt i disse observationer og ved at karakterisere den matematikhistoriske litteratur igennem det sidste århundrede, kan man identificere to store fortællinger om matematikkens udvikling. De to arkefortællinger har forskellige udgangspunkter og vidt forskellige syn på hvad, der udgør matematik, hvorfor man vil bedrive matematikhistorie, hvem der bør bedrive matematikhistorie, og hvilke roller individer spiller i matematikkens historie (se også Grattan-Guinness, 2004). På den måde er de at sammenligne med forskelle i matematiksyn som analyseret i bl.a. Ernest (2000) og Ernest (1991).

På den ene side står arketyper om den *kulturelle fortælling* om matematikkens historie, ifølge hvilken matematikkens historie er en del af kulturhistorien. Den kulturelle fortælling er derfor ofte interesseret i eksterne dynamikker, som påvirker og påvirkes af matematik, og den anlægger ofte et diakront perspektiv, således at fortiden forsøges forstået på sine egne præmisser. Dette leder til en undersøgelsesform, hvor kontekstuelle studier af (forskellige) matematiske kulturer og af matematikkens kulturelle aspekter vægtes højt.

Som diametral modsætning til den kulturelle fortælling står arketyper om den *logiske fortælling* om matematikkens historie, ifølge hvilken matematikkens historie i sidste ende er akkumulation (ophobning) af matematisk viden. I overensstemmelse hermed er fokus især på interne dynamikker og idehistoriske udviklinger *inden for* matematikken. Dette kan give anledning til studier af fortidens matematik som skridt på den (hårde) vej til det nuværende stadie af erkendelse.

Disse to arketyper er ikke udbredte i deres fuldblodsformer, men de sammenfatter to yderpunkter i diskussionerne omkring matematikhistoriens formål og metode. De er i nogen grad — eller har i hvert fald været — forbundet med forskellige disciplinære baggrunde hos matematikhistorikerne med historiske discipliner mest interesseret i den kulturelle fortælling mens udøvende (eller pensionerede) praktiserede matematikere har favoriseret den logiske arketype som historisk indledning til eget arbejde eller som didaktiske krydderier.

I det følgende diskuteres to konkrete situationer, hvor de to arketyper og deres hensyn giver anledning til ganske forskellige matematikhistoriske hensyn og praksisser.

2.1 Matematikkens tider

I 1970'erne kom det til en ophedet og polemisk debat om legitimiteten af de to arketyper som matematikhistorisk forskning (se fx Unguru, 1975; Waerden, 1975/76; Freudenthal, 1976). Fronterne mellem en matematisk idehistorie, hvor historiske forskelle var mindre vigtige, og en tekstuel og kontekstuel tilgang blev trukket skarpt op. De to lejre diskuterede især, hvorvidt og på hvilken måde det er forsvarligt at lade historiske analyser og argumenter informere af senere (moderne) begreber og teknikker. En del af diskussionen kan ses som yderpositioner på balancegangen mellem *anakronistiske* og *diakronistiske* tilgange til matematikkens historie.

Anakronismer opstår, når man lader senere udviklinger, opdagelser eller begreber indgå i analyser af fortiden, hvor de endnu ikke eksisterede. Der er tale om projektioner af senere ideer og værdier ind i historien, hvor de vægter og fordrejer fortolkningen. Den slags historieskrivning, som ofte har til formål at vise 'the royal road to me' (*whig history*, *teleologi* eller *presentisme*) er almindeligt fordømt som historisk metode, men den har en særlig appel i matematikhistorien, fordi den fremherskende matematikfilosofi (matematisk realisme, platonisme) hævder de matematiske ideers og resultaters universalitet.²

På den anden fløj står den diakrone tilgang, hvor idealet er at lægge al viden om senere udviklinger bag sig før man begiver sig ud på en historisk analyse. Dermed tilstræber man at forstå historien 'som den virkelig var', på sine egne præmisser. Men selvom det er tilstræbelsesværdigt at være reflektiv over ens egne værdier og forudsætninger, så er det hverken realistisk eller ønskeligt helt at se bort fra den kontekst, vi står i, når vi bedriver historie. Dels er nogle af de potentielt farligste antagelser formentlig ubevidste og derfor ikke til at se bort fra. Og dels kan radikal diakronisme risikere at tabe historiens formål af syne: Historiske undersøgelser er mangfoldige, men vi vælger jo nogle ud, som er *relevante* for os på den ene eller anden måde.

Det operationelle kompromis mellem disse to yderpunkter er meget fint sammenfattet af historikeren GEOFFREY RUDOLPH ELTON (1921–1994), her citeret fra Fried (2014, s. 127): "It is accordingly not just past or present that is essential, according to Elton, but how these are treated, namely, 'from the point of view of happening, change, and the particular'." Men samtidig med dette fokus på det historisk partikulære, er det også på sin plads at være reflektiv omkring forholdet mellem fortid og nutid, især når man bedriver matematikhistorie, hvor man ofte er fristet til at antage permanens af fx basale aritmetiske resultater (og deraf også af teknikker). Igen har en af historiefagets klassikere, MICHAEL OAKESHOTT (1901–1990), sagt det godt (citeret fra Fried, 2014): "It is true, of course, that the historian postulates a general similarity between the historical past and the present, because he assumes the possibility of understanding what belongs to the historical past." Hvor disse citater understreger den historiske del af den matematikhistoriske disciplin, så er der ingen tvivl om, at en lang række vigtige og spændende spørgsmål også kræver stærke matematikkompetencer. Men hvor ANDRÉ WEIL (1906–1998) tidligere polemisk søgte at hævde matematikhistorien som en *del* af matematikfaget — og derfor forbeholdt matematikere (Weil, 1978; se også Aspray og Kitcher, 1988a; Blåsjø, 2014), så vil jeg i dag hævde, at god matematikhistorie er reflektivt inspireret af *begge* arkefortællingerne.

²For en problematisering af filosofiske antagelser i forhold til matematikhistorisk analyse, se også Crowe (1988).

2.2 Matematikkens agenter

Et andet område, hvor de to arkefortællinger adskiller sig fra hinanden er i synet på matematikkens agenter, eller med andre ord: matematikerne og deres rolle i matematikhistorien. En rent idehistorisk fortælling vil typisk primært benytte matematikerne som plads-holdere — som navne at knytte på matematiske udviklinger, der er deres primære hensyn. I det omfang den internalistiske historieskrivning interesserer sig for personen bag matematikeren, vil den biografiske skildring nærmere sig det hagiografiske, som er betegnelsen for de helgenbiografier, man i middelalderen fremstillede med henblik på kanonisering: Matematikerens dyder og bedrifter fremhæves, evt. sammen med andre centrale troper som det misforståede geni, den sociale mobilitet, eller den enorme energi og produktivitet.

Den kulturelle fortælling vil derimod oftere føre til mikrostudier af enkelte matematikere med det formål at integrere generelle kulturelle tendenser og økonomiske vilkår med udviklingen af matematiske ideer og resultater. På den måde bliver person-fokuseringen ofte et virkemiddel til at zoome ind på en case, som måske har en vist generalitet. Men overhovedet at gøre personer til omdrejningspunkt for kulturhistoriske studier er også problematisk, og sådanne studier vil ofte have et institutionelt eller prosopograifsk fokus til at balancere tilgangen.

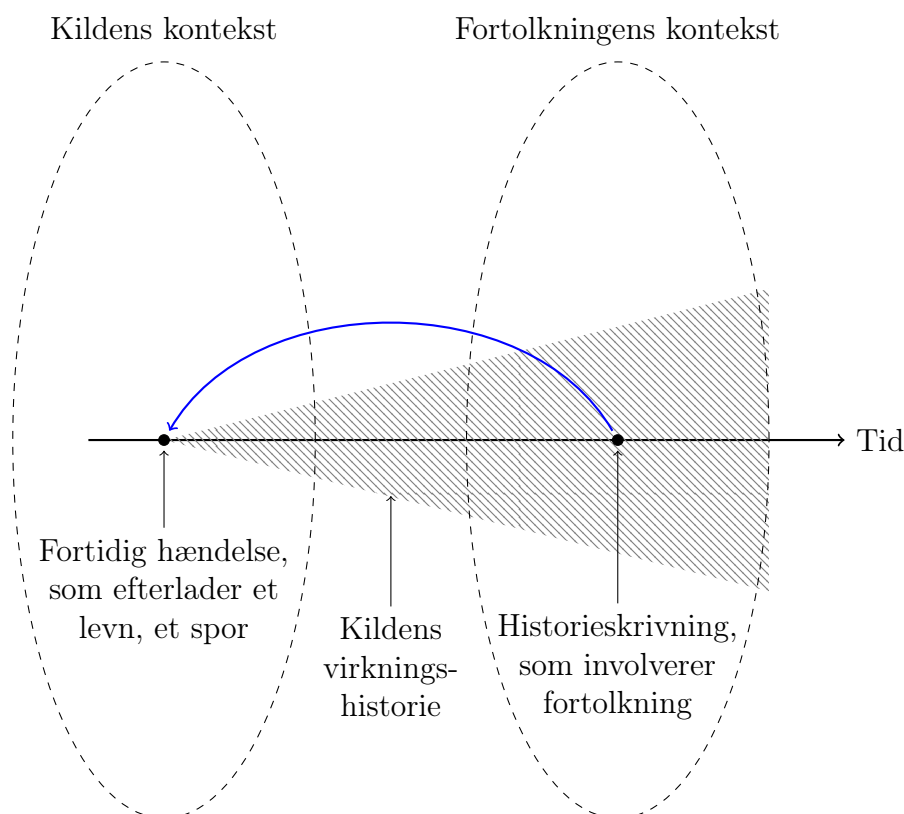
Denne korte diskussion viser, at de to arkefortællinger har forskellige styrker og forskellige svagheder og blinde vinkler. For eksempel kan det for den kulturelle fortælling være svært at udvælge *vigtige* matematiske udviklinger, hvorimod det for den arketyperiske logiske fortælling er svært at behandle den *almindelige* matematiker. På den måde er forskningsspørgsmål, forudsætninger, historie- og matematiksyn nært forbundne, og det er nødvendigt at diskutere sin metode og dennes udsagnskraft.

3 Kildecentreret matematikhistorie i praksis

Pointe: Matematikhistorie *er ikke* fortiden — men den er foreløbig og afhængig af vores adgang til og syn på fortiden.

Den kildecentrerede tilgang til matematikhistorie tager — som navnet angiver — sit udgangspunkt i analysen af en (eller flere) matematikhistorisk(e) kilde(r). Man kunne måske forledes til at tro, at dette er den eneste måde at lave historisk forskning på, men som det følgende vil gøre klart, ligger der i tilgangen nogle yderligere perspektiver, der indkredser metodologien.

For det første kunne man — afhængig af formålet — godt overveje at *fortælle* matematikhistorie uden at gøre det ved hjælp af eller igennem eksplicit behandling af kilder. Der findes selvfølgelig utallige fremstillinger af matematikkens historie, som indirekte bygger på kilder, men som ikke eksplicit er centreret omkring dem. Og mange af dem er absolut fremragende indføringer i matematikkens historie til spørgsmål om matematikkens langsigtede udvikling, sociale placering, filosofiske betydning eller lignende. Men centralt for den kildecentrerede tilgang er, at man igennem arbejdet med udforskningen af kilden når til indsigter om matematikkens historie, praksis og kontekst, som ellers er svært tilgængelige. For at dette skal lykkes, er der dog visse metodologiske hensyn at tage afhængig af undersøgelsesspørgsmålet, konteksten og formålet.

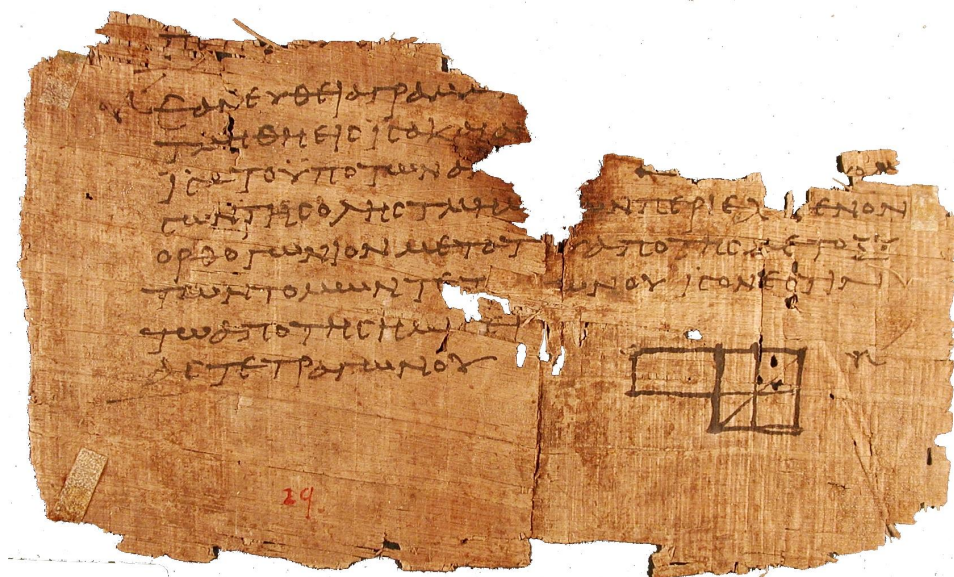


Figur 1: Historieskrivningens forskellige tider og kontekster. En kollaps af de to kontekster kan føre til anakronistiske fortolkninger, en overprivilegering af fortolkningskonteksten kan lede til teleologiske fortolkninger.

Det er faktisk en præmis for historiske spørgsmål, at de foregår i flere forskellige tider: fortiden og nutiden — og muligvis endda flere (se figur 1). Derfor omfatter de også flere oversættelser — oversættelser af kilden fra et tidligere sprog til et, vi kan læse og bruge i dag; oversættelser af antikverede begreber, referencer og notationer; oversættelser og forklaringer af kontekstuelle baggrunde og referencer, som i dag ikke er kendte, men er nødvendige for kildens forståelse; og specifikt for matematikhistoriske kilder, oversættelser af matematiske begreber, notationer, teknikker og resultater. Alle disse oversættelser har imidlertid dyb betydning for fortolkningen af fortidig matematik, også selvom man kan fristes til at overse det i lyset af matematikkens tilsyneladende tidsløse karakter. Oversættelsen og fortolkningen er imidlertid en balance: På den ene side er det både principielt og reelt umuligt at efterlade vores nutidige viden, interesser og kontekst i bestræbelserne på at forstå fortiden “som den virkelig var” (ekstrem diakronisme, evt. kombineret med positivisme), og på den anden side løber man en risiko for at overfortolke fortiden i nutidige termer (anakronisme) og måske antyde en målretning frem imod den nutidige tilstand (teleologi).

Eksempel 1: Fortolkninger af Euklid II.5.

Figur 2 viser et papyrusfragment fundet 1897 under udgravninger ved Oxyrhynchus i Egypten. Fragmentet er dateret til omkring 100 e.v.t., og er en meget tidlig overlevering af en proposition (II.5) fra EUKLID FRA ALEXANDRIAS (ca. 295 f.v.t.) *Elementer*. *Elementerne* er et af matematikhistoriens absolut vigtigste, mest brugte og



Figur 2: Papyrusfragment fra Oxyrhynchus.

mest kommenterede værker, og i århundreder har man diskuteret værkets opbygning og indhold. For omkring 100 år siden fremkom en ny fortolkning, som blev kendt som *geometrisk algebra* og blev fremført af bl.a. danske H. G. ZEUTHEN (1839–1920) og senere af BARTEL VAN DER WAERDEN (1903–1996). Ifølge denne fortolkning udgør sætningerne i især bog II geometriske iklædninger af algebraiske relationer. Denne fortolkning kom under stor kritik fra en mere tekstuel fortolkning (se fx Unguru, 1975; Saito, 2009), der insisterede på at læse EUKLIDS værker i deres egne termer og ikke projicere senere udviklinger ind i dem, da dette leder til anakronistiske fejlslutninger. Kritikken lød på, at man kom til at *overfortolke*, *misforstå* og *misrepræsentere* den græske geometri ved at læse helt fremmede matematiske teknikker ind i den. Episoden har vist os, at selvom matematikken kan synes genkendelig på tværs af tid og kulturer, så kan matematikhistorie bidrage med mange flere indsigter end internalistiske matematiske oversættelser. Ikke mindst ligger der i den tekstuelle tilgang et fokus på særegenheden af den enkelte matematiske kultur (og den enkelte matematiske kilde).

En indbygget risiko ved matematikhistorie, især som den sommetider er blevet bedrevet af matematikere, er at den degenererer til en form for faktuel opremsning af fortidige hændelser bedømt som vigtige ud fra et moderne synspunkt. I denne karakteristik ligger der adskillige fortolkningsmæssige problemer, som rækker ud over den åbenbare anakronistiske eller teologiske fejlslutning. Der ligger nemlig også en risiko for at historien reducerer til en krønike over fortidige resultater (‘perler på en snor’) på bekostning af de fortolkende og forklarende potentialer, som er en af det moderne historiefags fornemste berettigelser.

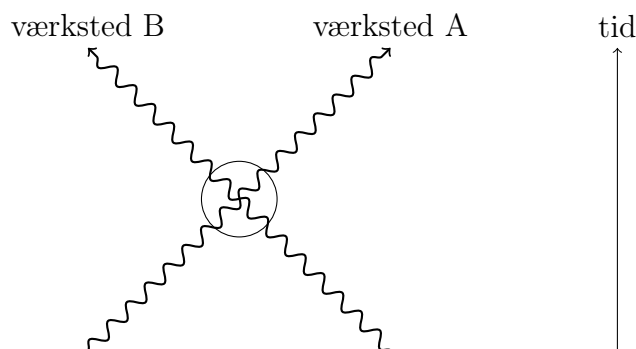
Eksempel 2: Matematikhistorie som krønike.

Nogle udøvende matematikeres forventninger til matematikhistorie har eksplicit handlet om historiens rolle som krønike. Omkring år 1800 konvergerede vigtige statistiske udviklinger og nye astronomiske gennembrud i en kontrovers om prioritet. Den tyske matematiker CARL FRIEDRICH GAUSS (1777–1855) opdagede det, vi i dag identificerer som *mindste kvadraters metode* i forbindelse med sin forudsigelse af

planeten Ceres' genkomst på stjernehimlen i 1801. Da GAUSS først nogle år senere i 1809 offentliggjorde sin metode, kaldte han den "principium nostrum" ("vores princip") og hævdede at have brugt den siden 1795, og det faldt den franske matematiker ADRIEN-MARIE LEGENDRE (1752–1833) for brystet, fordi han i 1805 havde publiceret et værk om bestemmelse af planetbaner, hvori han havde præsenteret og navngivet de mindste kvadraters metode (se fx Plackett, 1972; Stigler, 1977). LEGENDRE var fornærmet over, hvad han opfattede som et tyveri: Hvis GAUSS' påstand om, at han havde brugt "sit princip" siden 1795 og det først for nyligt var blevet publiceret af LEGENDRE fik lov at stå til troende, så ville matematikhistorien ifølge LEGENDRE for fremtiden kunne skrives meget nemmere: "[A] discovery will no longer be assigned to he who has made it, but no matter! It will be assigned to whomever found it convenient to claim it without right, despite its dating from a remote time. [...] It had not occurred to us until now, how in such circumstances the history of mathematics requires trust on every page; we had regarded the propriety of a discovery as invariably assured to the one who, for the first time, brought it to light, and any claim to the contrary could expose him to suspicions of an injuring nature, requiring the support of precise and authentic documentation" (Legendres "supplement" fra 1820 publiceret i Stigler, 1977, s. 33–34). LEGENDRES angreb på GAUSS peger på en række forestillinger om matematikhistoriens rolle i forhold til matematikfaget. LEGENDRE betragtede prioritet (hvem kom først til et resultat) som en vigtig udmærkelse i matematikfaget, og matematikkens historie skulle derfor bestå i at etablere prioritet ved at dokumentere første udgivelser af nye ideer. På den måde er krønike-opfattelsen af matematikhistorie indgroet i matematikfaget igennem århundreder.

Det forekommer i matematikkens historie, at flere forskellige matematikere er nået til indsigter, der i deres egen samtid eller i eftertiden er blevet identificeret som værende "de samme". Dette har ledt til prioritetsdiskussioner omkring fx infinitesimalregningens opdagelse ved ISAAC NEWTON (1642–1727) og GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646–1716) (se fx Guicciardini, 2003), til kontroverser som den mellem LEGENDRE og GAUSS over opdagelsen af mindste kvadraters metode (se eksempel 2) og endda til matematik-historiske teorier om, at AUGUSTIN-LOUIS CAUCHY (1789–1857) var blevet inspireret af BERNARD BOLZANO (1781–1848) til sin nyorientering af analysen uden at kreditere den obskure tjekkiske matematiker (se Grattan-Guinness, 1970; Freudenthal, 1970–1971). For at tænke matematikhistorisk og kritisk om sådanne multiple opdagelser kan det være en fordel at have et værktøj, som indfanger forskellige dele af den matematiske praksis, som man ønsker at sammenholde. Et sådant værktøj er begrebet om *matematiske værksteder*, som indkapsler specifikke *epistemiske konfigurationer*, adapteret til matematikhistorie af MORITZ EPPLÉ fra HANS-JÖRG RHEINBERGERS mere generelle videnskabsteori (Epplé, 2000; Epplé, 2001).

I modsætning til laboratorier i de naturvidenskabelige fag skal begrebet *matematisk laboratorium* (eller matematisk værksted) her forstås som en betegnelse for en (mere eller mindre sammentømret og afgrænset) gruppe af matematikere, som arbejder inden for den samme kontekst, i større eller mindre grad af geografisk og tidslig nærhed. Med til den matematiske kontekst hører, ifølge EPPLÉ, de epistemiske objekter, som undersøges, og en række epistemiske teknikker til at undersøge objekterne med. En af fordelene ved denne analytiske ramme er, at den muliggør samtidig eksistens af *forskellige* matematiske værksteder, og disse kan man så studere i detaljer ud fra deres egne levn (produkter i form af artikler, bøger, noter, breve etc.). At identificere indsigter producerede i forskellige værksteder som værende sammenfaldende er så egentlig dybe, filosofiske påstande om



Figur 3: Forskellige matematiske værksteder kan komme ud af forskellige kontekster (motive, baggrunde) og benytte forskellige epistemiske teknikker til at studere forskellige epistemiske objekter.

sammenfald mellem de epistemiske komponenter (objekter og/eller teknikker) — eller udsagn om, at moderne matematiske rekonstruktioner kan se resultaterne som isomorfe. Det sidste kan være meget interessant, men det er en mere matematisk end historisk indsigt, det giver.

Også når man skal tilgå fortolkninger af fortidige hændelser ud fra overleverede levn skal man være meget opmærksom på, hvilken viden og hvilke fordomme (i ordets bredeste forstand), man selv bringer med ind i fortolkningen. I den ovenfor omtalte kontrovers mellem LEGENDRE og GAUSS om opdagelsen af mindste kvadraters metode (se eksempel 2) har vi adgang til et bredt kildemateriale, men fortolkningen af fx LEGENDRES angreb på GAUSS i et supplement til en bog udgivet i 1820 kan også komme til at inddrage personlige, endda psykologiske antagelser om aktørerne. Vi ved, at LEGENDRE talte meget positivt og opmuntrende til de unge matematikere NIELS HENRIK ABEL (1802–1829) og CARL GUSTAV JACOB JACOBI (1804–1851), der i 1820'erne videreførte hans teori om elliptiske integraler, og vi ved at GAUSS omvendt var nærmest arrogant i sin kontakt med ABEL og JOHANN BOLYAI (1802–1860), når han hævdede, at deres resultater allerede havde været kendt for ham i årevis. Derfra kan man fristes til at tilskrive helte- og skurkeroller i sådanne kontroverser, men i den yderste konsekvens er sådanne aspekter ofte rene spekulationer, idet det kan være svært at nuancere dem tilstrækkeligt eller underbygge dem med kilder. Dette forhold er særligt blevet til en standard-kritik (og en meget hård en af slagsen) af den ellers engang meget populære bog om “Matematikkens Mænd” af E. T. BELL (1883–1960) (Bell, 1937; Bell, 1944): BELL fantaserer frit — og meget levende — over store matematiske helte, og hans historier kan være opbyggelige på forskellig vis, men de er ofte rene fiktioner (Rothman, 1982). Det gør imidlertid ikke “Matematikkens Mænd” til et matematikhistorisk uinteressant værk, for man kan jo vende spørgsmålet lidt om og interessere sig for, hvorfor og hvordan BELL udnyttede og *approprierede* matematiske biografier til at fremstille et bestemt billede af faget og dets udøvere (se Reid, 2001). En sådan *metabiografisk* tilgang er en af de spændende nye ideer i matematikhistorien (se fx Sørensen, 2016; Sørensen og Thomasen, 2014; Sørensen, 2012).



Figur 4: Karrikaturer af LEGENDRE og JEAN BAPTISTE JOSEPH FOURIER (1768–1830) (se Duren, 2009). Indtil 2009 har man typisk reproduceret et forkert portræt af LEGENDRE, men hvilken rolle kan et portræt — og mere generelt en biografi — egentlig spille i en matematikhistorisk analyse?

4 En kilde og dens kontekster

Pointe: En kilde er ikke en kilde i sig selv — og en matematikhistorisk kilde er hverken kilde eller matematikhistorisk i sig selv.

Selve kildebegrebet er ikke så simpelt at indkredse, som man måske kunne tro. For det første kan kilder komme i mange forskellige medier — de fleste er typisk tekstuelle, men også andre teknologiske eller artistiske artefakter udgør vigtige og udmærkede kilder. For det andet kan det være svært at finde den rette skala at tilgå en kilde på — for nogle gange er det ikke så oplagt at skelne kilde fra dens kontekst. Et kapitel i en bog er ofte næppe en kilde i sig selv, men kan sagtens behandles som en kilde, ligesom en artikel i et tidsskrift både kan være en afgrænset kilde og en del af en større enhed.

Når man finder (eller i fortiden fandt) et manuskript, en ny lertavle eller en ny inskription er der tale om et nyt (i forstanden ukendt) objekt, et levn, et spor, en artefakt. Der er ikke endnu nogen mening eller fortolkning knyttet til artefakten, så den er endnu ikke kilde til noget. Og for at komme igang med at fortolke og forstå sporet kan det først være værd at etablere nogle basale faktuelle oplysninger om det: Hvor er artefakten fundet? Under hvilke omstændigheder blev den fundet? Hvor gammel er den, og hvor sikker er man på det? Hvordan ser den ud? — hvad er dens fysiske dimensioner, hvilket sprog er benyttet (om noget), hvad står der på den? Nogle af disse faktuelle spørgsmål er

beslægtede; for eksempel kan fundomstændighederne (fx laget i jorden eller samlingen i arkivet) være med til at datere og situere artefakten. Og nogle af de faktuelle spørgsmål peger direkte videre mod de første oversættelser og fortolkninger, fx i at bestemme sprog og originaltekst fra artefakten.

Når man har etableret artefaktens basale, faktuelle forhold kan man gå videre til at etablere og udforske dens forskellige kontekster. Disse kan man forsøge at indkredse på forskellig vis, men fx kan man bruge et tidsligt perspektiv: 1) Hvad er kildens *tilblivelseshistorie*? I hvilken kontekst er den blevet til? Hvem er dens afsender/forfatter? Hvad var afsenderens formål? Hvem udgjorde den intenderede modtager? 2) Hvad er kildens *virkningshistorie*? Hvem har haft adgang til kilden? Hvilke spor har kilden sat på senere udviklinger? Hvor eksplicitte er disse spor? Har afsenderen (eller andre i en lignende position) senere reageret på kildens virkning? 3) Hvad er kildens *arv*? Hvad betyder kilden for os i dag? Hvorfor kan vi interessere os for den ud fra et nutidigt perspektiv? Hvad kan den lære os noget om?

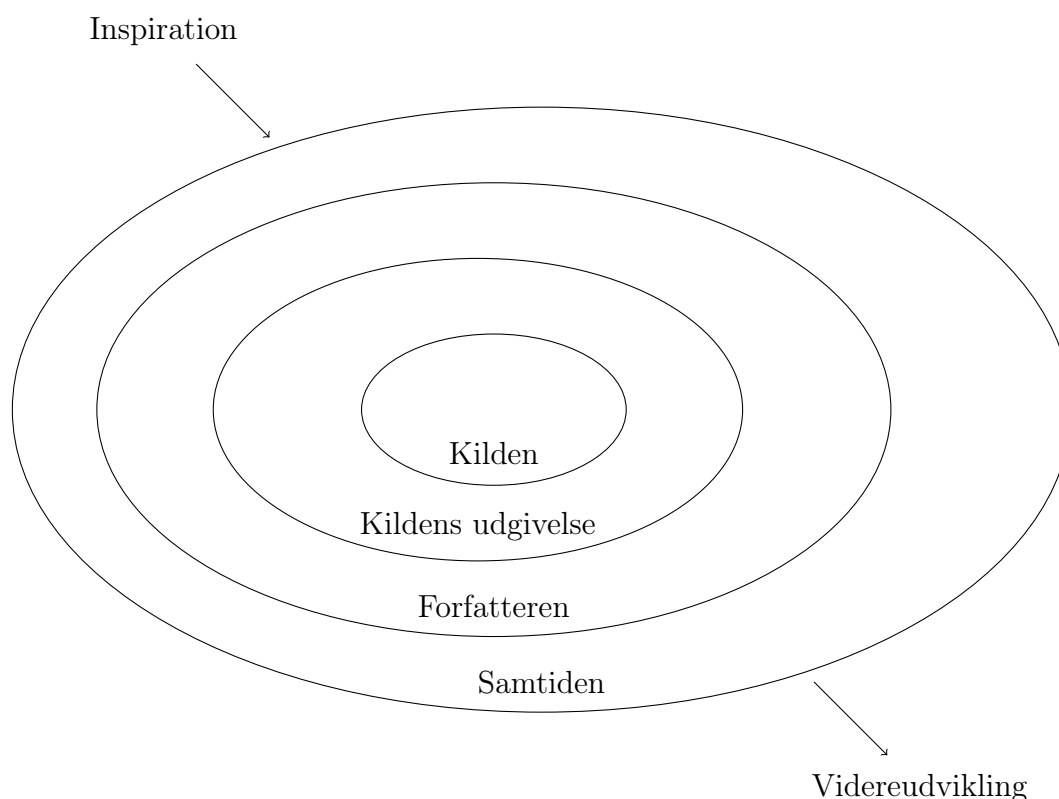
Dette tidlige spor kan suppleres med et tværgående spor, som for så vidt kan lægges ned over forskellige dele af analysen: A) Hvad var afsenderens *motivation* for at skrive kilden eller modtagerens (intenderet eller reel) motivation for at bruge kilden? B) Hvad var afsenderens (hhv. modtagerens) *baggrund* for at forfatte/bruge kilden? Hvilken baggrundsviden etc. var nødvendig (og tilstrækkelig)? C) Hvordan *cirkulerede* kilden? Næede den ud til de intenderede modtagere? Fik andre adgang til den? Var der tale om offentlig eller privat viden, der blev kommunikeret?

I det omfang man kan tale om kildens *formål*, så er dette begreb særligt udfordrende for et matematikhistorisk perspektiv. Ofte vil kilden have form af en fremstilling af en (matematisk) indsigt rettet mod en bestemt didaktisk situation, som kan være undervisning eller vidensudveksling. Det vil sige, at selve kilden kan betragtes som *indsigt formidlet igennem et medium*, og kildeanalysen kan således søge at undersøge både den oprindelige, uformidlede indsigt (hvad var det, forfatteren så og ville formidle?) og det didaktisk formidlede indhold (hvordan fremstår indholdet for modtageren? hvordan kunne modtageren gøre brug af kilden til at nå en (matematisk) indsigt? er modtagerens indsigt mon den samme som afsenderens uformidlede indsigt?).

Her begynder der allerede at snige sig filosofiske spørgsmål ind i den historiografiske analyse: For hvad vil det overhovedet sige, at afsender og modtager *delar den samme indsigt*? Hvordan kan det overhovedet være muligt?

For at svare på den slags spørgsmål kan det være en god ide at indføre yderligere en kontekst, nemlig en matematisk, diskursiv og praksis-centreret kontekst. Ingen matematisk afsender har vel søgt at formidle sin matematik uden tanke på sin modtager og uden selv at indgå i en matematisk tradition med konventioner (omkring sprog, notation, etc.), interesser og præferencer (fx spørgsmål og undersøgelsesobjekter) og egentlige normer (fx argumentationsformer). Det er i bestræbelserne på at integrere artefakten i dens matematiske og øvrige kontekster, at artefakten kan blive til en matematikhistorisk kilde. For kun igennem denne analyse kan man finde ud af, hvad det er for spørgsmål om matematikkens historie, som artefakten kan være kilde til at svare på.

Man kan altså anlægge ret forskellige kontekster med tilhørende forskellige spørgsmål på kilden (se figur 6). Man kan oplagt spørge til kildens matematiske indhold og den kontekst, som dette indhold indgår i. Videre kan man stille biografiske spørgsmål til hvem, der producerede kilden, understøttede dens tilblivelse og udgjorde de intenderede modtager. Heri ligger også socio-økonomiske (materielle) kontekster for at forklare, hvordan kilden blev til. Videre kan man anlægge geografiske og kulturelle kontekster for at svare på, hvor (både sted, tid og kultur) kilden blev til eller blev brugt. Og endelig kan



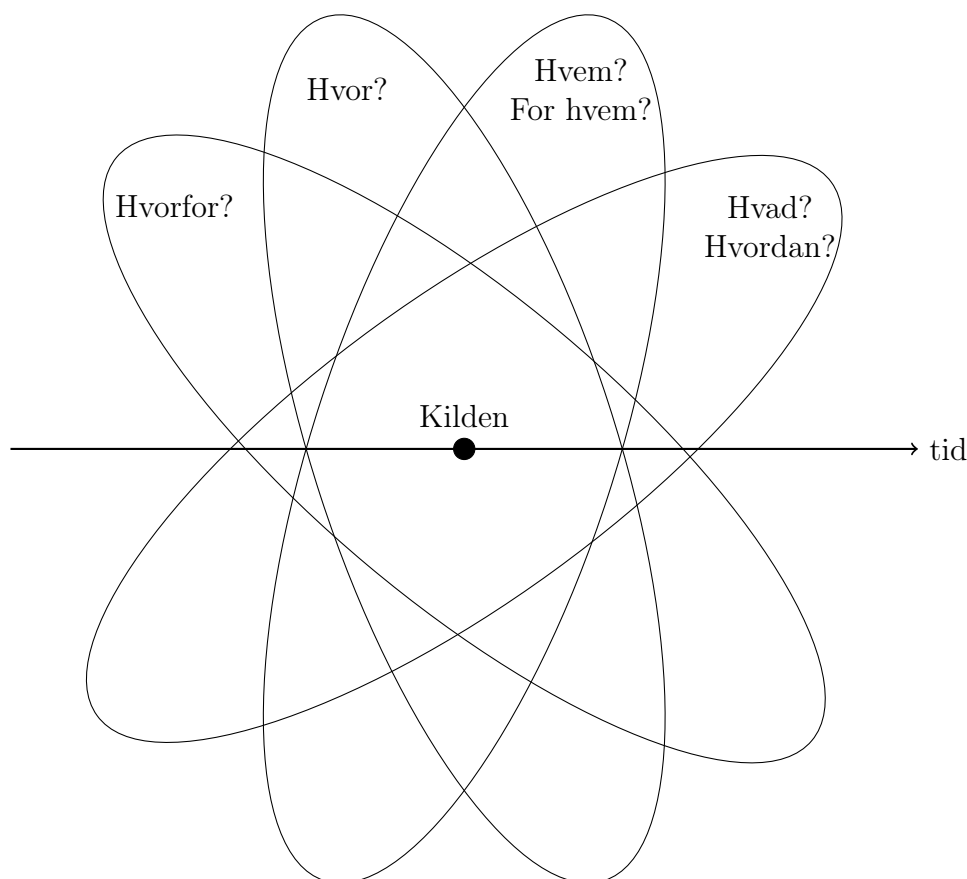
Figur 5: En matematisk kilde kan sættes ind i en lang række forskellige kontekster, som kan være interessante i forskellige sammenhænge. Figuren angiver både nogle af de longitudinale kontekster i forhold til kildens udspring, produktion og virkning og nogle af de koncentriske kontekster med udgangspunkt i kildens produktion (se også Johannesen, 2015, s. 70).

man anlægge en problem-kontekst og forsøge at svare på, hvorfor kilden blev til: Hvilke spørgsmål (i matematikken eller i en af de andre kontekster) er kilden et svar på, og hvor kommer dette spørgsmål fra?

5 Matematikhistorisk fortolkning

Pointe: Matematikhistorie er fortolkning, og fortolkning er oversættelse. Men ikke alle oversættelser er lige gode, og meget kan blive „lost in translation“.

Når man står overfor at skulle fortolke en matematikhistorisk kilde, indgår der altid en række oversættelser, hvoraf nogle er mere eksplícitte og synlige end andre. Det kan være nødvendigt at oversætte teksten i kilden fra et sprog til et andet, og det oprindelige sprog kan endda være meget fremmed og måske endda uddødt, så der er potentiale for ufuldstændigheder. Det kan også være ønskeligt at oversætte den matematiske notation i kilden, men her skal man være meget opmærksom på, at vores moderne matematiske notation er et sent bidrag til matematikkens udvikling, og at vores notation er et meget



Figur 6: Forskellige kontekster, som stiller forskellige spørgsmål til kilden.

kraftfuldt repræsentations- og erkendelsesredskab, som man risikerer at projicere ind i kilden. Endelig er en fortolkning og forklaring af kildens argumentation jo også en oversættelse, og man er nødt til at holde sig for øje, at der kan forekomme fremmede (og måske inkonsistente) begreber i kilden, og at argumentationen potentielt kan være direkte fejlagtig eller i det mindste utilstrækkelig, både på sine egne præmisser og især hvis vi forsøger at holde den op mod vores moderne forståelse.

Eksempel 3: Volumen af pyramidestub i egyptisk matematik.

På den egyptiske papyrus, som i dag kendes som *Moscow Mathematical Papyrus*, og som daterer sig fra cirka 1850 f.v.t., findes 25 matematiske opgaver, hvoraf en af dem handler om volumen af en pyramidestub. Der er ellers ikke mange matematiske kilder fra Egypten, der behandler denne ellers så ikoniske figur, men omvendt er vores kildegrundlag til egyptisk matematik også begrænset fordi deres foretrukne medier (papyrus og skind) er så forgængelige. En transskription (rentegning) af opgave 25 er vist i figur 7, og selvom teksten er skrevet i hieroglyffer kan vi godt med kendskab til det egyptiske talsystem identificere nogle cifre.

En oversættelse til dansk, foretaget via oversættelser til engelsk, lyder således, idet ord i parenteser ikke er at finde i originalen:

“Hvis man fortæller dig, at en pyramidestub er 6 (alen) høj, 4 (alen) i bunden og 2 i toppen: så regn med disse 4, kvadrerede; det bliver 16.

Fordobl 4, det bliver 8. Regn med disse 2, kvadrerede, det bliver 4. Læg du disse 16 sammen med disse 8 og med disse 4. Det bliver 28. Udregn $\frac{1}{3}$ af 6. Det bliver 2. Regn 2 gange med 28. Det bliver 56. Se, det bliver 56, du har fundet det rigtige!”

Det fremgår, at kilden faktisk *er* en opgave og en tilhørende løsning: Ud fra nogle oplysninger om størrelserne i en pyramidestub udregnes svaret 56. Hver udregning er beskrevet i de termer, som egyptiske beregninger: “Regn 2 gange med 28” betyder således at gange 28 med 2 ved hjælp af den procedure om gentagne fordoblinger, som egypterne generelt benyttede. Bemærk også, at formuleringen “disse” benyttes som en pladsholder til at henvise til tidligere opnåede delresultater.

Når vi skal finde ud af, hvad opgaven faktisk går ud på, kan det være en hjælp at indføre noget mere generel notation. Hvis vi fx betegner sidelængden i bunden med a , sidelængden i toppen med A og højden med h , så har vi indført notation for de givne størrelser $a = 2$, $A = 4$ og $h = 6$. Vi kan så gå den beskrevne procedure igennem og måske nå frem til, at den går ud på at beregne størrelsen $(A^2 + 2A + a^2) \times \frac{1}{3} \times h$ med de konkrete talværdier. I denne formel er 2-tallet fremkommet ud fra oversættelsen “Fordobl 4”, men hvis vi sammenholder med vores moderne viden om pyramiders volumen, ser vi, at den *korrekte* formel i stedet er $V = \frac{h}{3}(A^2 + aA + a^2)$.

Denne observation rejser spørgsmålet om oversættelsen af kilden. Det kræver grundigt kendskab til egyptiske hieroglyffer at svare på, om oversættelsen er åben for andre fortolkninger på dette punkt. Omvendt kræver det også en anakroniske projicering af moderne viden ind i egyptiske kilder, hvis vi simpelthen *retter kildens fejl*. En mere nuanceret matematikhistorisk læsning vil sikkert pege på, at det er karakteristisk for den egyptiske matematiske kultur, at den arbejder i problemer givet ved specifikke talværdier, og at notation og begrebsapparat ikke er udviklet til at muliggøre en entydig henvisning til de indgående størrelser igennem løsningsproceduren. Sådant en fortolkning vil nemlig dels være i nærmere overensstemmelse med *hele* det overleverede korpus af egyptisk matematik, og samtidig stadigvæk pege på en interessant matematikhistorisk pointe, nemlig at en præcis notation er en sen, men utrolig potent opfindelse.

Som beskrevet er oversættelser altså en uomgængelig del af den matematikhistoriske fortolkning, og det peger på, at denne fortolkning er en iterativ og dialektisk (hermeneutisk) proces. Når man har opnået en matematisk fortolkning af en kilde er det derfor nødvendigt at udvise refleksivitet og dels overveje, hvilke redskaber og forudsætninger, der indgår i fortolkningen og dels at sammenholde dette med den kontekst og praksis, som kilden er blevet til i. Hvis vi vil vide noget om fortidens matematiske praksis er det jo nemlig ikke tilstrækkeligt at vide, hvordan *vi ville* have løst problemet eller bevist sætningen, selvom det kan være en start. I stedet må vi forsøge at holde vores fortolkning op imod den til rådighed stående viden, fx ved at overveje, om fortolkningen er konsistent med andre kilder, vi kender fra konteksten, om fortolkningen sætter kilden ind i en passende ramme og for eksempel kan afdække *hvorfor* og *hvordan* kilden er blevet til, og om fortolkningen er tro imod kildens tekst og medium.

Disse og flere andre kriterier er særligt vigtige at holde sig for øje, når kilden stammer fra en kontekst, der er fjern fra os og fx involverer fremmede sprog eller fremmed tankegang (se fx Robson, 2002; Saito, 2009). Men princippet gælder sådan set for alle slags kilder, også mere moderne kilder, hvor faren for at tro, at tilblivelseskonteksten og vores fortolkningskontekst er identiske, måske endda er endnu mere udtalt. Man kan således



Figur 7: Den egyptiske kilde *Moscow Mathematical Papyrus*, opgave 25, handler om beregning af volumen af en pyramidestub. Figuren til højre viser sådan en pyramidestub (frustrum), men var ikke en del af den overleverede kilde.

ikke oversætte ABELS bevis for femtegradsligningens generelle algebraiske uløselighed fra 1826 til gruppeteori uden at tabe vigtig historisk indsigt i arbejdet med ligningsløsning *før* Galois-teori blev fuldt udviklet i anden halvdel af 1800-tallet. Og man kan ikke umiddelbart tillade sig at skrive LEONHARD EULERS (1707–1783) komplicerede og lange udregninger ved hjælp af rækker med mange angivne led om til moderne summer (med summationstegn) og moderne konvergensargumenter, uden at miste både noget af den enorme kompleksitet i EULERS mestring af rækker uden eksplicitte generelle led og noget af magien i hans håndtering af uendeligt små og uendeligt store størrelser. Disse indsigter er vigtige, hvis man vil forstå ABEL og EULER og andre matematikere *på deres egne præmisser* og bliver kun tilladelige, hvis man udelukkende fokuserer på, hvordan vi matematisk kan rekonstruere tidligere tiders utilstrækkelige indsigter. Med udgangspunkt i et polemisk motto fra de store historiografiske diskussioner om fortolkning af fortidig matematik i 1970'erne kunne man måske nuancere “Matematikhistorie er historie, ikke matematik!” (Unguru, 1979) til “Matematikhistorie er både historie *og* matematik”.

6 Iterativ kildelæsning

Pointe: Selvom matematikhistorie er et bredt felt og kan bedrives for at svare på mange forskellige spørgsmål, er der alligevel god praksis at følge.

De ovenstående diskussioner leder frem til et syn på kildecentreret matematikhistorie, som er bygget op omkring en iterativ (dialektisk) fortolkningsproces. Denne proces involverer en række skridt, som man kan inddrage på forskellig vis og på forskellige punkter i arbejdet med kilden og det matematikhistoriske spørgsmål:

1. Identificér kildens umiddelbare kontekst, især kildens datering og kultur. Begynd allerede i dette trin at overveje, hvilke spørgsmål, du er interesseret i at bruge kilden til at besvare.
2. Sæt dig ind i kontekstens baggrund, fx igennem oversigtsværker som Katz (2014). Fokuser på også at få styr på faktuelle forhold omkring kildens tilblivelseskontekst.
3. Nærlæs kilden under brug af din baggrundsviden. Læs hen over passager, du ikke kan forstå, men markér dem, så du kan vende tilbage til dem. Fokuser på og markér også de passager, der er særligt relevante for din problemstilling.
4. I det omfang din problemstilling involverer kontekstuelle aspekter, så opsøg litteratur og perspektiver, der kan hjælpe dig på vej. Konteksterne kan både række ud fra kilden og spejle tilbage på denne. Overvej både at benytte primær litteratur (fra samtiden, evt. litteratur og viden, som din kildes forfatter kunne have haft adgang til) og sekundære fremstillinger.
5. Det matematiske indhold i kilden skal bearbejdes for forståelse og betydning. Til det formål kan man dels indføre understøttende notation og dels bruge viden, den rækker ud over kilden. I præsentationen er det vigtigt, at du holder dig for øje, hvem der 'taler': Dette kan hjælpes ved at bruge datid, aktive verber, aktører, velvalgt notation og klart markere, når/hvis du kommenterer fra et moderne synspunkt.
6. Når du så er nået til en fortolkning og perspektivering af kilden, er det nødvendigt, at du forsøger at vurdere din fortolknings troværdighed og generalitet ved igen at holde den op imod kilden og dens kontekst(er). Hvor sikker er du på, at din fortolkning og din perspektivering stemmer overens med fx forfatterens intentioner, kildens formål, argumenternes generalitet, etc. Denne form for validering kan også føre til, at du indfører styrkemarkører i din konklusion.

Det er vigtigt at påpege, at selvom vi har opstillet en liste over skridt i arbejdet med at fortolke og bearbejde matematikhistoriske kilder, så er denne arbejdsproces i sin natur cirkulær og iterativ. På den måde er det hele tiden nødvendigt at være reflektiv omkring fortolkningsprocessen og holde fortolkninger og hypoteser op imod kilden og den viden, man har om den og dens kontekst.

7 Indgange til den matematikhistoriske litteratur

Pointe: Den matematikhistoriske litteratur er righoldig, men forvent aldrig, at den har svar på lige netop *dit* spørgsmål.

Afhængig af, hvilke spørgsmål, kilder, kontekster, emner og perioder, man arbejder med og ønsker at undersøge, er der forskellige indgange til den matematikhistoriske litteratur. Det oplagte udgangspunkt vil være integrerede matematikhistoriske oversigtsværker som fx Katz (2014) og Merzbach og Boyer (2011). Men derudover er der forskellige måder at *få hul* på litteratursøgningen på:

- Hvis man fx er interesseret i et bestemt matematisk emnes historie (fx “algebra i 1700-tallet”), er trebindsværket Kline (1972/1990) en fremragende oversigt, der dog i nogle tilfælde er lidt for overfladisk og en smule anakronistisk og bedaget. Man skal dog ikke af værket forvente nogen let syntese eller kontekstuel analyse på tværs af kapitlerne.
- Der findes også glimrende, specialiserede men tilgængelige indføringer i de store matematiske emners historie fx Jahnke (2003) og Bottazzini og Gray (2013) om analysens historie, Scholz (1990) og Gray og Parshall (2007) om algebraens historie, og Gray (2007) om geometriens historie. Andre discipliner som fx sandsynlighedsregningens og statistikkens historie er også dækkede, men ofte på mere encyklopædisk vis i fx Hald (1990) og Hald (1998).
- Hvis man ønsker et kortfattet overblik over nogle af de samme emner eller over de centrale aspekter ved et fokus som fx “matematik og poesi”, så kan man konsultere Grattan-Guinness (1994), som også behandler forskellige matematiske kulturer. For egentlige indføringer i de store, ikke-vestlige matematiske kulturer henvises dog i stedet til Selin (2000) og Katz (2007).
- Hvis man ønsker kildesamlinger, er der flere forskellige at vælge imellem afhængig af geografisk og kronologisk afgrænsning. Blandt de mest anbefalelsesværdige til vestlig matematik efter 1550 er Stedall (2008) og Grattan-Guinness (2005). Til ikke-vestlige kulturer er Katz (2007) som nævnt anbefalelsesværdig.
- Der er selvfølgelig også en righoldig, mere specialiseret litteratur i matematikhistoriske tidsskrifter, hvoriblandt især *Historia Mathematica* og *Archive for the History of Exact Science* udmærker sig i den tekniske ende. Andre videnskabshistoriske tidsskrifter som fx *Isis*, *Social Studies of Science* og *Science in Context* trykker også til tider matematikhistorisk forskning med bredere perspektiver.
- Der er forskellige søgemekanismer (foruden bibliotekernes) til at spore matematikhistorisk litteratur om et givet emne. De to mest omfangsrige er *AMS MathSciNet* (kategori 01) og *Zentralblatt MATH*. De fleste af disse databaser tillader søgning på nøgleord. Når man har fundet et relevant værk er det oplagt at gå dets litteraturliste igennem for at forfølge yderligere henvisninger.
- Hvis man har fundet en henvisning til en primær kilde, som ikke er omfattet af copyright, eller til en tidsskriftsartikel, som er ikke dækket af fx ens foretrukne universitetsbibliotek, kan man også være heldig, at den ligger på nettet. Man kan ofte finde en masse kilder fra 1800-tallet og tidligere på:

- Gallica (Det franske Nationalbibliotek): <http://gallica.bnf.fr/>.
- Google books: <http://books.google.com>.

Man kan også finde en udmærket samling resourcer på:

- <http://matematikhistorie.dk/research-resources/>.

Litteratursøgning til matematikhistorie er en iterativ proces, som både afspejler og påvirker udviklingen af problemformulering og forskningsspørgsmål. Det er ikke altid let at finde egnet litteratur til et givet emne på det rette formidlingsniveau og sprog og

med det rette fokus. Men det er en betingelse ved forskningen, som er med til at gøre matematikhistorie til et åbent, interdisciplinært og fortolkende forskningsfelt.

Referencer

- Aspray, William og Philip Kitcher (1988a). “An Opinionated Introduction”. I: *History and philosophy of modern mathematics*. Udg. af William Aspray og Philip Kitcher. Minneapolis: University of Minnesota Press, s. 1–31.
- red. (1988b). *History and philosophy of modern mathematics*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Bell, E. T. (1937). *Men of mathematics*. New York: Simon og Schuster.
- (1944). *Matematikens Mænd*. Oversat af N. Arley og E. Arley. C. A. Reitzels Forlag, Axel Sandal.
- Blåsjö, Victor (jul. 2014). “A Critique of the Modern Consensus in the Historiography of Mathematics”. *Journal of Humanistic Mathematics*, bd. 4, nr. 2, s. 113–123.
- Bottazzini, Umberto og Jeremy Gray (2013). *Hidden Harmony — Geometric Fantasies. The Rise of Complex Function Theory*. Sources and Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences. New York m.fl.: Springer.
- Crowe, Michael J. (1988). “Ten Misconceptions about Mathematics and Its History”. I: *History and philosophy of modern mathematics*. Udg. af William Aspray og Philip Kitcher. Minneapolis: University of Minnesota Press, s. 260–277.
- Dauben, Joseph W. og Christoph J. Scriba, red. (2002). *Writing the History of Mathematics. Its Historical Development*. Science Networks — Historical Studies 27. Basel, Boston og Berlin: Birkhäuser Verlag.
- Duren, Peter (dec. 2009). “Changing Faces: The Mistaken Portrait of Legendre”. *Notices of the AMS*, bd. 56, nr. 11, s. 1440–1443.
- Epple, Moritz (2000). “Genies, Ideen, Institutionen, mathematische Werkstätten: Formen der Mathematikgeschichte”. *Mathematische Semesterberichte*, bd. 47, nr. 2, s. 131–163.
- (2001). “Matematikshistoriens former: Genier, ideer, institusjoner, matematiske verksteder - et metahistorisk essay”. *ARR Idéhistorisk Tidsskrift*, bd. 1–2, s. 94–108.
- Ernest, Paul (1991). *The Philosophy of Mathematics Education*. Studies in Mathematics Education. London etc.: The Falmer Press.
- (2000). “Why Teach Mathematics?” I: *Why Learn Maths?* Udg. af Steve Bramall og John White. Bedford Way Papers 13. London: Institute of Education, University of London. Kap. 1, s. 1–14.
- Freudenthal, H. (1970–1971). “Did Cauchy Plagiarize Bolzano?” *Archive for History of Exact Sciences*, bd. 7, nr. 5, s. 375–392.
- Freudenthal, Hans (1976). “What is algebra and what has it been in history?” *Archive for History of Exact Sciences*, bd. 16, s. 189–200.
- Fried, Michael N. (jul. 2014). “The Discipline of History and the ‘Modern Consensus in the Historiography of Mathematics’”. *Journal of Humanistic Mathematics*, bd. 4, nr. 2, s. 124–136.
- Gericke, Helmuth (1996). *Talbegrebets historie*. Oversat af K. Andersen og K. Larsen. Århus: Matematiklærerforeningen og Institut for de Eksakte Videnskabers Historie, Aarhus Universitet.
- Grattan-Guinness, Ivor (1970). “Bolzano, Cauchy and the “New Analysis” of the Early Nineteenth Century”. *Archive for History of Exact Sciences*, bd. 6, nr. 5, s. 372–400.

- red. (1994). *Companion encyclopedia of the history and philosophy of the mathematical sciences*. 2 bd. London: Routledge.
- (maj 2004). “The mathematics of the past: distinguishing its history from our heritage”. *Historia Mathematica*, bd. 31, nr. 2, s. 163–185.
- red. (2005). *Landmark Writings in Western Mathematics, 1640–1940*. Amsterdam m.fl.: Elsevier.
- Gray, Jeremy (2007). *Worlds Out of Nothing. A Course in the History of Geometry in the 19th Century*. Springer Undergraduate Mathematics Series. London m.fl.: Springer.
- Gray, Jeremy J. og Karen Hunger Parshall, red. (2007). *Episodes in the History of Modern Algebra (1800–1950)*. Bd. 32. History of Mathematics. Providence (RI): American Mathematical Society / London Mathematical Society.
- Guicciardini, Niccolò (2003). “Newton’s Method and Leibniz’s Calculus”. I: *A History of Analysis*. Udg. af Hans Niels Jahnke. History of Mathematics 24. Providence (Rhode Island): American Mathematical Society. Kap. 3, s. 73–103.
- Hald, Anders (1990). *A History of Probability and Statistics and Their Applications before 1750*. New York m.fl.: John Wiley & Sons.
- (1998). *A History of Mathematical Statistics from 1750 to 1930*. Wiley series in probability and statistics. New York etc.: John Wiley & Sons, Inc.
- Jahnke, Hans Niels, red. (2003). *A History of Analysis*. History of Mathematics 24. Providence (Rhode Island): American Mathematical Society.
- Johannesen, Mie (jun. 2015). “Studieretningsprojekter i matematik og historie: Kvalitative og kvantitative undersøgelser samt en konstruktiv matematikhistorisk tilgang til gode samspil”. Speciale i matematik. Aarhus: Aarhus Universitet.
- Katz, Victor J., red. (2007). *The Mathematics of Egypt, Mesopotamia, China, India, and Islam: A Sourcebook*. Princeton og Oxford: Princeton University Press.
- (2014). *A History of Mathematics*. 3. udg. Harlow: Pearson Education.
- Kjeldstadli, Knut (2001). *Fortiden er ikke hvad den har været. En indføring i historiefaget*. Roskilde: Roskilde Universitetsforlag.
- Kline, Morris (1972/1990). *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*. 3 bd. Oxford: Oxford University Press.
- Kragh, Helge (1987/1994). *An Introduction to the Historiography of Science*. Cambridge m.fl.: Cambridge University Press.
- Merzbach, Uta C. og Carl B. Boyer (2011). *A History of Mathematics*. Med et forord af Isaac Asimov. 3. udg. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc.
- Plackett, R. L. (1972). “Studies in the History of Probability and Statistics, XXIX: The discovery of the method of least squares”. *Biometrika*, bd. 59, nr. 2, s. 239–251.
- Reid, Constance (2001). “The alternative life of E. T. Bell”. *The American Mathematical Monthly*, bd. 108, nr. 5, s. 393–402.
- Remmert, Volker R., Martina R. Schneider og Henrik Kragh Sørensen, red. (2016). *Historiography of Mathematics in the 19th and 20th Centuries*. Trends in the history of science. Cham: Birkhäuser.
- Robson, Eleanor (feb. 2002). “Words and Pictures: New Light on Plimpton 322”. *The American Mathematical Monthly*, bd. 109, nr. 2, s. 105–120.
- Robson, Eleanor og Jacqueline Stedall, red. (2009). *The Oxford Handbook of the History of Mathematics*. Oxford: Oxford University Press.
- Rothman, Tony (1982). “Genius and Biographers: the Fictionalization of Evariste Galois”. *The American Mathematical Monthly*, bd. 89, s. 84–106.

- Saito, Ken (2009). “Reading ancient Greek mathematics”. I: *The Oxford Handbook of the History of Mathematics*. Udg. af Eleanor Robson og Jacqueline Stedall. Oxford: Oxford University Press. Kap. 9.2, s. 801–826.
- Sandmo, Erling (2015). *Tid for historie. En bok om historiske spørsmål*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Scholz, Erhard, red. (1990). *Geschichte der Algebra: eine Einführung*. Lehrbücher und Monographien zur Didaktik der Mathematik 16. Mannheim, Wien og Zürich: Bibliographisches Institut, Wissenschaftsverlag.
- Selin, Helaine, red. (2000). *Mathematics Across Cultures: The History of Non-Western Mathematics*. Science Across Cultures: The History of Non-Western Science 2. Dordrecht etc.: Kluwer Academic Publishers.
- Stedall, Jacqueline (2008). *Mathematics Emerging. A Sourcebook, 1540–1900*. Oxford m.fl.: Oxford University Press.
- (2012). *History of Mathematics*. A very short introduction 305. Oxford m.fl.: Oxford University Press.
- Stigler, Stephen M. (1977). “An Attack on Gauss, Published by Legendre in 1820”. *Historia Mathematica*, bd. 4, s. 31–35.
- Sørensen, Henrik Kragh (2012). “Reading Mittag-Leffler’s biography of Abel as an act of mathematical self-fashioning”. I: *The History of the History of Mathematics. Case Studies for the Seventeenth, Eighteenth and Nineteenth Centuries*. Udg. af Benjamin Wardhaugh. Oxford m.fl.: Peter Lang, s. 115–144.
- (2016). “Appropriating role models for the mathematical profession: Biographies in the *American Mathematical Monthly* around 1900”. I: *Historiography of Mathematics in the 19th and 20th Centuries*. Udg. af Volker R. Remmert, Martina R. Schneider og Henrik Kragh Sørensen. Trends in the history of science. Cham: Birkhäuser, s. 79–108.
- Sørensen, Henrik Kragh og Laura Søvsø Thomassen (2014). “Narrating Abel: Aesthetics as biography of the mathematical persona”. Paper from Leipzig and London (MC3).
- Unguru, Sabetai (1975). “On the Need to Rewrite the History of Greek Mathematics”. *Archive for History of Exact Sciences*, bd. 15, s. 67–114.
- (dec. 1979). “History of Ancient Mathematics. Some Reflections on the State of the Art”. *Isis. An International Review Devoted to the History of Science and Civilization*, bd. 70, nr. 4, s. 555–565.
- Waerden, B. L. van der (1975/76). “Defence of a “Shocking” Point of View”. *Archive for History of Exact Sciences*, bd. 15, s. 199–210.
- Wardhaugh, Benjamin (2010). *How to Read Historical Mathematics*. Princeton og Oxford: Princeton University Press.
- Weil, André (1978). “History of mathematics: Why and how”. I: *Collected Papers*. Bd. 1. 3 bd. New York: Springer-Verlag, s. 277–236.

Recent RePoSS issues

- #29 (2014-12) **Hanne Andersen**: "Responsible Conduct of Research: Why and How" (Preprint)
- #30 (2014-12) **Hanne Andersen**: "Responsible Conduct of Research: Collaboration" (Preprint)
- #31 (2014-12) **Mads Ingersgaard Jørgensen**: "Evolution, kognition og religion: Religiøse idéer i evolutionært og kognitivt perspektiv" (Masters thesis)
- #32 (2015-10) **Mie Johannesen**: "Studieretningsprojekter i matematik og historie: Kvalitative og kvantitative undersøgelser samt en konstruktiv matematikhistorisk tilgang til gode samspil" (Masters thesis)
- #33 (2015-10) **Carina Tangsgaard**: "Samarbejde i bioinformatik: Et casestudie i hvordan man overvinder kløften mellem subdisciplinerne" (Masters thesis)
- #34 (2016-2) **Sarah Kassem Kaltoft**: "Sciencecentre & sundhedsfremme: En empirisk undersøgelse af, hvordan projektet PULS, et samarbejde mellem Experimentarium og Steno Center for Sundhedsfremme, kan motivere folk til at være fysisk aktive" (Masters thesis)
- #35 (2016-2) **Kristian H. Nielsen**: "The practice and politics of integrated science teaching in the global Cold War" (Preprint)
- #36 (2016-2) **Jeanette Gedsø**: "Women's limited role in science conditioned by historical and cultural factors — with a focus on Marie Curie and her career in natural science " (Bachelor project)
- #37 (2016-2) **Bircan Aykurt**: "Surveying nanoscientists' communication activities and online behavior" (Masters thesis)
- #38 (2016-4) **Henrik Kragh Sørensen**: "Kildecntreret matematikhistorie i praksis: En kort indføring i matematikhistorisk metode" (Preprint)
- #39 (2016-11) **Sujeevan Sivasundaram**: "Interpreting Quantum Mechanics" (Masters thesis)
- #40 (2017-2) **Kurt Møller Pedersen**: "The Velocity of Light and the color Changes of Jupiter's Satellites" (Article)
- #41 (2017-7) **Carsten Sønderskov Jørgensen**: "Christian Horrebows observationer af Solen: En analyse af hans observationsprotokoller og artikler med henblik på en forståelse af de anvendte metoder" (Masters thesis)
- #42 (2018-3) **Louise Kobek Thorsen**: "Kratluskernes kognitive praksis: En udvikling af miljøbevægelser i 1980'ernes Danmark" (Masters thesis)
- #43 (2018-3) **Henrik Kragh Sørensen and Line Edslev Andersen**: "Mapping Social Aspects of Mathematical Knowledge Production" (Book chapter)

This list is up-to-date as of March 23, 2018. The full list of RePoSS issues can be found at www.css.au.dk/reposs.

RePoSS (Research Publications on Science Studies) is a series of electronic publications originating in research done at the Centre for Science Studies, University of Aarhus.

The publications are available from the Centre homepage
(www.css.au.dk/reposs).

ISSN 1903-413X

Centre for Science Studies
University of Aarhus
Ny Munkegade 120, building 1520
DK-8000 Aarhus C
DENMARK
www.css.au.dk



Faculty of Science
Department of Science Studies

AARHUS UNIVERSITET

