

Gruvor och kemi under 1700-talet i Sverige

Nytta och vetenskap

Anders Lundgren

Inledning

Kemin i Sverige under 1700-talet hade ett gott samtida rykte, både nationellt och internationellt. Svenska kemister var välkända och flitigt översatta till både engelska, tyska och franska. Även inom klassisk vetenskaps-historia har den en betydande plats, inte minst därför att kemister i Sverige har varit ledande vad gällde att upptäcka och isolera nya grundämnen.¹ Denna historia av grundämnepptäckter i Sverige kulminerade under slutet av 1700-talet och avklingade mot mitten av 1800-talet.² Vill man försöka förklara denna tradition, både dess uppgång och nedgång, finns det ett skäl som är mer än självklart, så självklart att det kanske inte alltid ansetts nödvändigt att nämna det, varför det fallit i glömska. Grundämnen finns helt enkelt konkret och materiellt i jorden i Sverige, onekligen en förutsättning för att de skall kunna upptäckas här.

1700-talet var också den period i Sverige, det är mer än välbekant, då merkantila strömningar och nyttotänkande härskade. Utifrån en politisk merkantil agenda stöttade ledande politiker vetenskapen, i tron att denna skulle få landet att blomstra. Eftersom gruvnäringen var av stor betydelse för den svenska ekonomin gynnade de politiska makthavarna av vetenskaperna i synnerhet kemin på grund av dess föregivna nytta för bergsbruket. Detta merkantila stöd återverkade givetvis på vetenskaperna själva, även om, som vi skall se, vetenskapen sällan eller aldrig kunde uppfylla sina storslagna löften.³

Merkantilistiska krav var också en bidragande orsak till att en välutvecklad analyskonst blev ett karaktistikum för kemin i Sverige under 1700-talet. Framförallt kom svenska kemister att utveckla den gamla blåsrörstekniken i analytiskt syfte. En sådan konst hade sitt ursprung i Tyskland (och förmodligen längre bak i tiden) där tyska bergsmän under 1600-talet hade börjat använda den för att undersöka mineralers beståndsdelar. Tekniken var enkel. Genom ett blåsrör skapades en luftström, som fick passera en låga och därefter riktades emot det prov som skulle undersökas. På grundval av de reaktioner som inträffade då den heta luftströmmen träffade provet, kunde bestämda slutsatser om mineralets sammansättning dras.⁴ Under 1700-talet uppnådde svenska kemister en förbluffande säker-

het med detta lilla instrument, som dock framförallt gav kvalitativa svar, och endast kunde ge vaga uppskattningar, baserade på uppskattad intensitet, om mängderna av de ingående substanserna. Analysen var i huvudsak baserad på kroppars förhållande till eld, men mot slutet av 1700-talet utvecklade också Torbern Bergman metoder för att genomföra analys både på våta vägen och med en ökad inriktning mot kvantitativ analys.⁵ Utvecklingen av dessa analysmetoder var givetvis ytterligare en förutsättning för att grundämnen skulle kunna upptäckas i Sverige. Det fanns ett behov av att analysera nya mineraler på jakt efter värdefulla substanser, men också för att kontrollera halten i färdiga produkter.

När kemins historia i Sverige tidigare behandlats har detta faktum lätt kommit i bakgrunden och intresset har istället koncentrerats till ett fåtal personer, som Torbern Bergman, Carl Wilhelm Scheele och J. J. Berzelius. Visst framhävs med emfas och med rätta deras analytiska skicklighet, men samtidigt fungerar i sådana framställningar denna analytiska skicklighet endast som en utgångspunkt för dessa kemisters övriga, ”intressantare” teoretiska verksamhet. Det är i detta sammanhang inte betydelselöst att alla tre i mångt och mycket saknade den direkta anknytning till bergshandling och järnhantering som en typisk kemist i Sverige hade under 1700-talet. Bergman var professor i kemi vid Uppsala universitet, Scheele apotekare och Berzelius knuten till Karolinska institutet. Genom koncentration på ”de stora” har i historien den kemi som var mer direkt kopplad till bergsbruket, och den betydelse bergsbruket spelade för kemin kommit skymundan.

Räknar man bort de tre stora kemisterna, och kanske några till, går det att hävda att den mesta kemin i Sverige i väsentliga delar var knuten till bergsbruket, vilket i sin tur kom att leda till, som vi skall se, att teorier inom denna del av kemin kom att få en underordnad betydelse. De merkantila kraven ville se ekonomiska resultat av den kemi man satsade på, inte teorier, och då kom analysresultaten i centrum. Denna artikel vill diskutera hur kemin utvecklades mot bakgrund av de merkantila krav som samtiden ställde på den. Den vill också diskutera kemins utveckling i Sverige under 1700-talet, den period som ofta kallas dess ”storhetsperiod”, genom att lyfta fram vad som fanns utanför ”de storas” krets för att därigenom ge en kontext åt all kemi under denna tid. Utan förståelse för förhållandet mellan kemi och bergsbruk, kan kemin i Sverige under 1700-talet inte förstås.⁶

Kemi, ekonomi och bergsbruk

Under 1700-talet associerades i Sverige i nyttans namn vetenskapen kemi alltmer med bergsbruk och ekonomi. Det var närmast en självklarhet att när kemins nytta skulle lyftas fram skedde det genom hänvisning till bergsbruket, och temat var flitigt återkommande i de många åminnelsetal

som hörde 1700-talet till: ”Chemien sysselsattes, antingen med Medicamenters tilredning eller Metallers förvandling”.⁷ Nästan alla kemister i Sverige hade under sin utbildning kortare eller längre tid arbetat vid någon eller några av Bergskollegiums institutioner (mer om Bergskollegium nedan).⁸ Följande processer inom bergsvetenskap uppfattades alla ha anknytning till kemi: ”Smältnings-arbete, Fineringar, Garningar, Amalgameringar, Mynt-arbeten och Proberkonst”.⁹

Det var likaså en självklarhet att när en professur i kemi inrättades vid Uppsala universitet 1750 sattes detta i samband med bergsvetenskapernas behov, vilket var nytt då undervisningen i kemi tidigare snarast haft en inriktning mot läkemedel och skötts av en av professorerna i medicin. Den vikt som lades vid kemins nya inriktning underströks av att den nya professorn fick en helt ny byggnad till sitt förfogande.¹⁰

Den nya tjänstens förste innehavare blev en kemist och mineralog, Johan Gottschalk Wallerius. För Wallerius var kopplingen stark mellan kemi och bergsvetenskap, som innefattade smältnings- och gjuteriarbeten och annat med kemisk anknytning, men också stora områden som inte räknades till kemin, som kartläggning, markscheideri, konsten att anlägga gruvor, vattenkonster, väderväxling med mera.¹¹ Det skall noteras att den kemiska delen av bergsvetenskaperna, vad Wallerius kallade, ”Metallurgica Chemica”, blev intressant först när malmen var framskaffad, skulle bearbetas och de värdefulla beståndsdelarna tas till vara.

Torbern Bergman, som 1767 efterträdde Wallerius som professor i kemi, saknade vid sitt tillträde meriter i kemi, men bakom valet fanns förhoppningar att Bergman genom sina allmänna kunskaper skulle kunna hjälpa till att ekonomiskt utveckla bergsbruket. Bergsråden Anton Swab och Daniel Tilas, vilka hade att yttra sig över ärendet, tillstyrkte ansökan med motiveringen att Bergmans skrift *Physisk beskrifning af jordklotet* (1766) skulle kunna bli ekonomiskt nyttig genom att ge den ”rätta grundvalen til en pålitelig Bergsmanna kunskap”.¹² Även för Bergman var kemin bara en del av vad som kallades bergsvetenskaperna, och att han sedan kom att koncentrera sig på just den delen är en annan sak. Men han höll fast vid kopplingen till bergsmannakunskapen. När han ordnade universitetets mineralsamling fick en tänkt praktik styra och samlingen lades ut geografiskt, nästan som en karta, så att eleverna i bergsvetenskaperna, ”vänjes se ämnena, i den ordning, som naturen föreställer dem”.¹³ Han ville ”inom et litet fält [visa] alla stenarter, som finnas i hwar grufva”.¹⁴ Bergman reste också en del, framförallt till Falun, och besökte då i enlighet med vad som förväntades av honom, alltid järnbruk, kopparverk och bergverk. Det är viktigt att poängtera att kemisterna vid universiteten inte uppfattade att några spänningar rådde mellan de ekonomiska och de bergsvetenskapliga intressena å ena sidan och de egna kemiska intressena å andra, eftersom även för dem kemins ekonomiska roll för bergsbruket var en självklarhet.

Det var vanligt att en och samma person samtidigt kunde vara kemist och ekonom och bägge sysselsättningarna kunde kombineras i en och samma karriär. Föreståndaren för Berskollegiets kemiska laboratorium George Brandt publicerade 1761 två traktater om penningväsendet.¹⁵ Både Johan Gottlieb Gahn och myntvärdien (kontrollant vid Myntverket), och senare föreståndare för Bergskollegiums kemiska laboratorium, Per Hjelm inledde sina karriärer med att försvara avhandlingar som var ekonomiska, inte kemiska.¹⁶ När Gahn upptäckte att den koppar som kom från Avesta var oren rekommenderade han organisatoriska förändringar i produktionen för att rätta till detta.¹⁷

Falu gruva utsätts för flera granskningar under 1700-talet, och det sägs i mitten av 1700-talet att ”thenna Bergslag står på spetsen till sin undergång”, men orsaken var ekonomisk: växelkursernas nedgång.¹⁸ En lösning kunde vara att minska skatteavgifterna för att gruvan skulle gå med vinst.¹⁹ Problemen med den nyöppnade guldgruvan i Ädelfors bedömdes likaså vara av ekonomisk, inte kemisk, art. Man hade gjort för dyrbara investeringar, och ändock borde flera maskiner i vilka malmer krossades till finare stoff, så kallade bokverk, installeras. Likaså borde fler vaskverk, installationer där värdefulla beståndsdelar i malmen vaskades fram med hjälp av vattenbegjutning införskaffades. Det fanns kvar slig som man i brist på kol inte kunnat bearbeta, och man hade brist på arbetare, och att åtgärda allt detta var kostnadskrävande.²⁰ Det var i en sådan ekonomisk miljö kemin, som en av många vetenskaper, skulle vara nyttig.

Landskap och aktörer

I fortsättningen kommer jag att använda den rumsliga, men inte ofarliga metaforen, ”landskap” för att klargöra förhållandet mellan bergsbruk och kemi. Att använda metaforer är riskabelt, då dessa alltför snabbt tenderar att likställas med verklighetsbeskrivningar. Men genom att urskilja vissa bestämda betydelser i metaforen och ställa dessa mot varandra, är det dock min förhoppning att kunna se nya samband mellan kemi och samhälle i Sverige under 1700-talet.

Varje betraktare ser ett landskap i sin omgivning, och delar detta landskap med andra betraktare ur den grupp han tillhör. Under 1700-talet såg teologer i landskapet Guds godhet och allmakt (hur mycket fattigdom och elände som än skymde sikten), lantbrukare möjligheter att producera mat för överlevnad, merkantilister välstånd eller åtminstone möjligheter till välstånd, bergsmän möjliga fyndigheter, jägare spår av vilt etc. Men samtliga såg ett landskap i relation till människan, och ett landskap bearbetat av människan och som enligt Gud borde bearbetas. Detta bearbetade landskap var producerande och därmed vackert. Den otämjda naturen var ful, farlig och ofruktbar.²¹ Den mänskliga aktiviteten bergsbruk gav upphov till ett speciellt landskap, annars präglades 1700-talets landskap

i stor utsträckning av den aktivitet som det mänskliga jordbruket utgjorde.

Men sådana landskap uppstår inte ur tomma intet. Någonstans ligger mineraler, malmer, grundämnen oavsett hur vi definierar dem, och väntar på att bli ”upptäckta”.²² Och hur påverkade detta landskap människans handlingar och vetenskapens utveckling? Det är en grundtanke i denna artikel att det objekt vetenskapen studerar aktivt påverkar vår uppfattning om det, och att den vetenskapliga teorin, beskrivningen etc. är beroende av det materiella i sitt studieobjekt. Men samtidigt är den vetenskapliga teorin självklart inte enbart en spegel av ”naturen”, utan teorin kan sägas uppstå i dialog mellan vetenskapsmannen och naturen, där naturen, utan att bestämma vilken tolkning som är den ”rätta”, sätter gränser för vilka tolkningar som är möjliga.²³

Detta ursprungliga landskap skulle jag, dock med viss tveksamhet, i fortsättningen vilja kalla *det naturgivna landskapet*, i betydelsen naturförhållanden, naturresurser och annat som påverkar oss, ”talar till oss” av egen kraft. Saken kan synas enkel: naturresurserna ligger där de ligger i landskapet. Det är bara för eventuella nyttjare att ta reda på hur naturen är skapad, för att därefter göra det bästa för att kunna tillgodogöra sig dess rikedomar. Att hävda förekomsten av ett existerande naturgivet landskap kan synas både konservativt och naivt, och kan tyckas leda vetenskapshistorien i en olycklig riktning, mot uppfattningen att vetenskapens utveckling är detsamma som ett långsamt ”avslöjande av naturens hemligheter”, och att bäst vetenskap är den som kommer närmast ”sanningen” om det naturgivna landskapet. Men antagandet om ett naturgivet landskap betyder inte att det finns *en* korrekt beskrivning av detta landskap – det finns givetvis flera. En eventuell diskussion mellan dessa beskrivningar kan inte avgöras genom hänvisning till det naturgivna landskapet. Men i och med att några iakttagare enas om att betrakta en av de möjliga tolkningar som riktig, och ett sådant enande är en social process, uppstår ur det naturgivna ett nytt landskap.²⁴ I det fortsatta kommer jag att urskilja två av dessa nya landskap.

Det första skulle jag vilja kalla *det skapade landskapet*. För 1700-talsmänniskan var gruvlandskapet ett sådant landskap. Det var ett resultat av den mänskliga aktiviteten gruvhantering. Vad som skedde där styrdes av praktik och av konkret arbetet med gruvor, malmer och mineralier, men gränserna för vad som kunde göras sattes av det naturgivna landskapet. Det var till exempel omöjlighet att producera något guld från en gruva om inget guld finns där – guld kan inte säljas som guld om det inte är guld, hur mycket alkemisten än försöker (att sälja guldet är den definitiva testen på om alkemisten lyckats). Det var ett faktum att kopparn i Falu gruva sinade under slutet av 1700-talet, ”alla” visste om det, bergsmän, merkantilister, kemister, gruvdrängar och alla måste förhålla sig till detta. Röken från rostgroparna vid Falu gruva stod inte fri i förhållande

till det naturgivna landskapet, även om rökens egenskaper konstruerades av betraktaren. Det var denne som avgjorde om röken var vacker eller inte, om den betydde pengar eller för tidig död, dess kemiska sammansättning, eller om den kanske blott var ett meteorologiskt fenomen, etc. Men att tänka bort röken var en omöjlighet. Det landskap man inom gruvnäringen såg och arbetade i bestod av gruvor, rostgropar, masugnar, rök, allt format av mänsklig verksamhet med material ur det naturgivna landskapet.

För att kunna diskutera kemins förhållande till detta skapade landskap vill jag införa ytterligare ett landskap: *det mentala landskapet*. Med det avser jag den teoretiska vetenskapliga beskrivningen både av det naturgivna och av det skapade landskapet – teorin gjorde inte någon skillnad mellan dessa två typer.²⁵ De gränser det naturgivna landskapet satte upp för det skapade landskapet var mindre bindande för det mentala landskapet, eftersom det i det senare inte i lika hög grad fanns de ekonomiska kraven på avkastning. Det mentala landskapet blev därför inte lika lierat med den politiska sfären som det skapade landskapet. Men det stod fortfarande i beroendeställning till det. I och med att experimentet var viktigt för skapandet av det mentala landskapet inom naturvetenskapen satte naturen också här gränser för möjliga tolkningar.

I dessa tre landskap rörde sig aktörer, som på olika sätt betraktade, bearbetade, utnyttjade, förklarade, de olika landskapen, eftersom man hade olika intressen i dem. Jag kommer att behandla tre olika grupper av aktörer.

Bergsmännen var i den gängse betydelsen av ordet bönder med rätt att producera tackjärn vid en masugn, vilket gjorde dem till både arbetare och arbetsgivare. ”Bärgsman är här sjelf ägare ibland arbetare, hvaraf händer, at Bärgsman och Grufdräng ibland äro de samme, ibland särskildte personer”.²⁶ För mina syften innefattar jag i denna grupp alla de som praktiskt på olika sätt ansvarade för skötsel och drift av gruvor, masugnar med mera, och som hade ekonomisk vinning från dem. För dem var hela bergsbruket ett stort maskineri bestående av mekaniska hjälpmedel, uppfodringsverk, gruvlavar, stånggångar, rostgropar, masugnar och andra ugnar som producerade järn, koppar och andra metaller, och allra helst silver och guld. Bergsmännens uppgift var att se till att allt detta fungerade, både för uppdragsgivarna och i de fall de var ägare eller delägare också för sin egen skull.

Kemisterna såg både i det naturgivna och i det skapade landskapet en värld att ordna och förklara efter vetenskapliga principer. Den experimentella utgångspunkten för en sådan förklaring var under 1700-talet i regel den kemiska analysen, med vars hjälp olika ämnens sammansättning bestämdes. Ämnena togs både från det naturgivna och från det skapade landskapet, men önskemålet var att inlemma substanserna i något teoretiskt system, att skapa ett mentalt landskap.

Politiker och merkantilister var en tredje grupp, som visserligen bara flyktigt kommer att behandlas här, men som är nödvändig att ha i åtanke eftersom den ständigt fanns i bakgrunden till all aktivitet med ekonomisk anknytning i Sverige under denna tid. De såg på nationell nivå möjligheter till blomstrande manufakturer, såg ekonomiska resurser och på sikt en ökning av hela nationens ekonomiska välstånd. Inte minst ur gruvorna flöt en aldrig sinande ström av resurser, med vars hjälp – med en mer än bekant retorik – ett land fyllt av guld och flytande av honung skulle kunna växa fram.

Institutioner, organisationer och mötesplatser

Landskap och aktörer samverkade i ett organisatoriskt och institutionellt sammanhang. Några av dessa institutioner var särskilt viktiga vad gäller förhållandet mellan kemi och bergsbruk. Två av dem, Bergskollegium (som redan skymtat ovan) och Jernkontoret, hade anknytning till praktisk verksamhet och till det skapade landskapet. Två andra var Vetenskapsakademien och universiteten, vilka knöt mer an till det mentala landskapet, även om någon skarp gräns givetvis inte går att upprätthålla.

Bergskollegium var en statlig myndighet med uppgift att övervaka all metallhantering, framförallt av järn.²⁷ Under kollegiet sorterade en proberkammare för analys av malmer och mineraler, samt ett kemiskt laboratorium, *Laboratorium Chymicum*. Proberkammaren leddes av en probe-rare, som skulle vara ”en uti mineralogie och metallurgie förfaren ämbetsman, som af Kongl. Bergs-Collegium förordnas [att arbeta] vid Dess Proberkammare”.²⁸ Proberkammarens uppgift var analytisk, att ta reda på hur mycket av ett visst ämne som fanns i ett visst mineral. Föreståndarskapet kombinerades ofta med föreståndarskap för Myntverket, i vars arbete analys för kontroll var en väsentlig beståndsdel. *Laboratorium Chymicum*s ursprungliga uppgift var, liksom för kemin vid universiteten, att framställa medikamenter för gruvnäringens behov.²⁹ Under 1700-talet fick dock laboratoriet alltmer status av vetenskaplig institution med koncentration på metallurgi, och rapporter därifrån publicerades i *Vetenskapsakademiens handlingar*.³⁰

Jernkontoret var en sammanslutning med ursprung i järnbrukens ekonomiska kris under 1740-talet. Det bildades av bruksägare och hade till huvudsyfte att hjälpa dessa ekonomiskt, att uppfylla ”det stora ändamålet, at befordra Stång-järnet til et pris efter dess rätta värde i Silfver eller Riks-daler”.³¹ Man tog emellertid snart på sig rollen att dessutom fungera som teknisk rådgivare.³² Även om Jernkontoret inte kan sägas ha initierat egentliga arbeten inom kemin kom det indirekt att ha stor betydelse för hur kemin utvecklades i Sverige, eftersom man retoriskt instämde i den tilltro till vetenskapen som kännetecknade 1700-talet. Man gav till exempel pengar till ett masmästarämbete, för ”den vetenskapens sättande på

Theoretiske grunder”.³³ I stort sett goda relationer rådde mellan Bergskollegium och Jernkontoret, men mot slutet av 1700-talet kunde det gnissla ibland, men det gällde framförallt frågor av administrativ och organisatorisk art, det var sällan frågor om hur produktionen rent praktiskt skulle bedrivas som stod i centrum för skiljaktigheterna.³⁴

Kungliga Vetenskapsakademien (KVA) är givetvis det klassiska exemplet på vilka uttryck tanken att en satsning på vetenskapen skulle vara till nytta för Sverige, kunde ta sig. Grunderna i dess historia och verksamhet är väl kända.³⁵ Det är dock viktigt att poängtera att KVA inte bara bestod av vetenskapsmän med anknytning till universiteten, utan som ledamöter fanns också en betydande mängd representanter för näringar, för manufaktur och inte minst för bergsbruket, vilka ofta var fler än universitetskemisterna.

Universiteten var givetvis även de influerade av de merkantilistiska strömningarna. Under 1700-talet inrättades som nämnts professorer i ekonomiska ämnen och inte minst år 1750 i fysik och kemi.³⁶ Även detta skedde med hjälp av nyttans retorik, och därigenom blev de naturvetenskapliga ämnena, framförallt kemin, åtminstone retoriskt, och i viss mån indirekt påverkade av bergsbruket. Men eftersom kemisterna vid universiteten inte var institutionellt direkt beroende av bergsbruket, fanns där möjligheter till ett mer avancerat teoretiserande och till mer fördjupningar i kemins teoretiska delar.³⁷

Det är viktigt att understryka att de tre landskapstyperna, det naturgivna, det skapade och det mentala, samt de tre grupperna av aktörer bergsmän, kemister och merkantilister, inte skall ses som skarpt åtskiljda från varandra. De var alla del av ett institutionellt nätverk där bergsbruket var ett väsentligt inslag, och vars noder var Bergskollegium, Jernkontoret, KVA och universiteten. Visserligen hade de olika aktörerna olika intressen, men de samarbetade också nära med varandra. Kemisterna gick ner i gruvan, även om bergsmännen tyckte det skedde för sällan, politikerna besökte Bergskollegium, och gruvägarna tog kontakt med kemisterna – och alla kunde mötas i Vetenskapsakademien. Där fanns en ständig påverkan mellan de olika aktörerna, som från olika institutionella positioner rörde sig mellan de olika landskapen.

Mellan landskapen och institutionerna rörde sig inte bara personer, utan också materiella ting, vilka under förflyttningen fick nya betydelser. Det kunde vara mineralier och andra kemiska substanser, men också laboratorieutrustning och redskap av olika slag. Men även teknisk kunskap och tillverkningstekniker, kunde förflyttas från ett landskap till ett annat. Ett mineral hade inte samma innebörd i det skapade som i det mentala landskapet, samtidigt som ingen av innebörderna var oberoende av mineralets egenskaper i det naturgivna landskapet. En smältning såg annorlunda ut vid masugnen eller vid blyugnen ute vid gruvorna än i laboratoriet vid universitetet, och behandlades olika av masmästaren eller blydrivaren

jämfört med kemisten. Slutligen kunde också idéer, som vetenskapliga teorier, förflyttas. Eldens verkningar kunde förstås och förklaras på olika sätt i olika landskap – men att kol brann var man överens om.

Inom området bergsbruk och kemi kan man med fog tala om att det fanns två kulturer. Den första praktiskt inriktad med det skapade landskapet i centrum, bestående av bergsmän som intresserade sig för frågan hur man bäst skulle utvinna de värdefulla beståndsdelarna av malmerna. Den andra en teoretisk med det mentala landskapet i centrum, bestående av kemister som ville åstadkomma en vetenskaplig beskrivning av de substanser eller en förklaring av de processer som bergsbruket kretsade kring. Men dessa två kulturer stod i ständig kontakt med varandra, samtalade med varandra och utbytte information. De kunde till och med mötas i en och samma person. Johan Gottlieb Gahn torde vara det mest prominenta exemplet. Mötena ägde rum på särskilda mötesplatser inom det institutionella nätverk som ovan beskrivits.

Peter Galison har i flera studier intresserat sig för hur sådana mötesplatser mellan olika kulturer fungerar. Han har studerat förhållandet mellan en experimentell kultur och en teoretisk kultur inom den moderna fysiken.³⁸ Dessa två kulturer är enligt Galison väsentligen olika, med olika språk, men det finns samtidigt vissa mötesplatser, eller ”trading zones”, där en vetenskaplig kultur och en teknisk kultur kan mötas och, trots sina olikheter, samtala och utbyta erfarenheter. Detta sker via ett gemensamt språk som utvecklats just för ett sådant kunskapsutbyte. Galison liknar ett sådant språk vid ett slags pidgin, där delar av de ursprungliga språken ingår. Med detta språk kan företrädarna för de olika kulturerna tala med varandra, samtidigt som språket aldrig används utanför ”trading zone”. Galisons idéer har, trots att de i sin ursprungliga form inte helt kan appliceras här, fungerat inspirerande, framförallt genom att uppmuntra till studiet av kommunikation och samtal mellan olika grupper. Modellens styrka är att den inte reducerar förhållandet mellan olika grupper till ett motsatsförhållande eller en maktkamp, utan pekar på möjligheten till utbyte.³⁹ Inspirerad av dessa tankar kring möjligheten av kommunikation mellan olika kulturer, och av idén att denna sker inom bestämda områden, kommer jag att försöka beskriva hur kommunikationen mellan de olika aktörerna i olika landskap påverkade kemien i Sverige under 1700-talet.

Vi har mött två grupper, bergsmän och kemister med olika intressen av att känna till ett minerals sammansättning. I praktiken tog både kemisten och bergsmannen del av det naturgivna landskapet, ett mineral, flyttade det till en plats där det kunde analyseras. Det kunde vara en proberkammare – sådana fanns inte bara vid Bergskollegium, utan också vid ”äd-lare verk”.⁴⁰ Men det kunde helt enkelt också vara det fysiska området runt ett blåsrör, inkluderande arbetet direkt på fyndorten. Bergsmännen tog därefter sin del till svavelrostningen, masugnen eller någon annan

förädlingsplats, medan kemisterna tog sin del till laboratoriet. De två möttes i proberkammaren och i analysen men efter detta skiljdes vägarna åt, i laboratoriet respektive vid masugnen var man ensam. En av de viktigaste mötesplatserna var således proberkammaren, fattad i vid betydelse. Denna fysikaliska plats kan inspirerad av Galison kallas en ”trading zone”.⁴¹ Det var den plats där analysresultaten presenterades och de två grupperna möttes och utbytte information, kring sina erfarenheter av vad det naturgivna landskapet hade försett dem med, för att därefter i sina egna sfärer, det skapade landskapet respektive det mentala, på olika sätt behandla denna information.

Kommunikationen på mötesplatsen underlättades av att man använde samma teknik vid de analytiska undersökningarna. Sålunda var många bergsmän, till exempel bersgrådet Sven Rinman, den mest inflytelserike av alla svenska bergsmän, väl skolade i avancerade analytiska tekniker.⁴² Det var därför i regel inga svårigheter för dessa att förstå kemisternas analysresultat. På samma sätt kunde kemisterna dra nytta av de beskrivningar av olika mineraler, ofta baserade på direkta sinnesintryck, som bergsmännen genomförde. Viktigast var dock att bägge grupper meddelade sina resultat med ett gemensamt språk som kännetecknades av en stor användning av kvalitativa och deskriptiva termer, vilket medförde att eventuella skillnader i övergripande förklaringar aldrig kom upp till ytan. Likheter i språk framgår vid en jämförelse av beskrivningen av järn i några av de mer kända mineralogiska verken i Sverige, som Johan Gottschalk Wallerius *Mineralogia, eller mineral-riket* (1747), Axel Fredrik Cronstedts *Försök till en mineralogi* (1781), Torbern Bergmans *Sciagraphia regni mineralis, secundum principia proxima digesti* (1782).⁴³ Och vi återfinner ett liknande sätt att beskriva järn hos Berzelius två decennier in på 1800-talet.⁴⁴

Beskrivningarna kan visserligen bitvis skilja sig åt, men i själva beskrivningarna finns inget som tyder på avgörande teoretiska skillnader emellan de olika författarna. Detta betyder inte att det inte skulle finnas sådana (varken Berzelius eller Wallerius var till exempel anhängare av flogiston-teorin, fast av olika skäl), utan bara att beskrivningarna av det naturgivna var sådana att den kunde förstås av alla. Avgörande för att beskrivningarna skulle få en sådan spridning var deras kvalitativa karaktär. Detta var säkert en av orsakerna till varför Anders Gustaf Ekeberg, Berzelius lärare i Uppsala, i princip inte hade någon svårighet att översätta en beskrivning han hittat inom ramen för den flogistiska kemin (mer om denna nedan) till den nya syrebaserade kemin, trots att de teoretiska utgångspunkterna syns så olika.⁴⁵

På mötesplatserna avdramatiserades, genom dessa kvalitativa beskrivningar, utbytet av erfarenheter mellan olika grupper, och information flödade fram och tillbaka. Givetvis använde bergsmännen inte all information som kemisterna framförde, och kemisterna använde inte allt vad

bergsmännen kom fram till. Vad som skedde på analysplatserna var att man arbetade med ett gemensamt naturgivet material, som därefter långsamt som en del av den kontinuerliga processen, förvandlades och fick olika betydelser och innebörder dels i det skapade landskapet, dels i det mentala landskapet.⁴⁶

Lokalt och generellt

För att förstå skillnaderna mellan det skapade landskapet och det mentala, och för att förstå förhållandet mellan de två kulturerna, kan också begreppen lokal kunskap och generell kunskap användas.

I varje del av det skapade landskapet, i en gruva, vid en masugn, eller dylikt, fanns en för just den delen av landskapet specifik kunskap, som var oundgänglig för att arbetet med malmer och annat material från den eller den gruvan skulle bli framgångsrikt. Ett tydligt exempel, även om det ligger utanför kemin, är kraftförsörjningen som på grund av naturliga omständigheter måste lösas på ett för varje gruva specifikt sätt. Men det samma gällde också den del av bergsvetenskapen som rörde kemin, eftersom mineralers sammansättning kunde variera lokalt. Malmer och mineralier hade en för varje gruva specifik karaktär, som därför krävde sin speciella kunskap. Detta vill jag kalla kunskapens lokalitet, och i denna lokala kunskap är traderad hantverkskunskap ett av de viktigaste inslagen.

Lokalitet och hantverkskunskap var ständigt närvarande hos bergsmännen, och kunskap om lokala förhållanden utgjorde ofta utgångspunkten för deras arbete. Erik Stockenström, assessor vid Bergskollegium och dessutom i sin egenskap av bruksägare mycket aktiv vid Jernkontorets tillkomst, hävdade att när man skulle starta ett bergverk skulle man inte ta sin utgångspunkt i vad vetenskapen sagt, utan direkt från vad man lärt med ”*Ögat och Handen*”, även om vetenskapen senare kunde komma in och understödja ”med kunskap och förfarenhet”.⁴⁷

Lokalitet försvårade kunskapsöverföring, eftersom en överföring inte kunde ske genom hänvisning till generella lagar. När tyska bergsmän kom till Sverige blev de ”villrådige; då bergens och Malmgångarnes förhållande voro så mycket skiljaktige emot största delen af de Tyska Bergverken”, och förhållandena i Sverige krävde ”en helt annan hushållning med Vatten, Skogar, Förlager, Smältverks-inrättningar och dylikt, än vid de Tyska Bergverken var brukelig och möjlig”.⁴⁸ Kunskap från en gruva kunde inte bara överföras till en annan, utan att hänsyn, och i regel en avsevärd hänsyn togs, till lokala förhållanden. Gustaf von Engeström konstaterade samma sak, ”[d]et är med Smält-processer, som med grufvetrytningar, de måste *med mycken flit läras på stället*: och den som menar sig kunna lära sig och andra dessa vetenskaper utur Böcker, är både själf bedragen, och förvillar andra”.⁴⁹ Kanslirådet Johan af Bjérken skrev att naturen var mångskiftande och ”måste studeras på flere särskilte ställen”

innan några slutsatser kunde dras, och "[h]var Metall har sit eget lynne, sine särskilte lagar", och att olika gruvor kräver "olika arbetssätt".⁵⁰ En ämbetsman vid bergsverken skulle inte bara kunna det allmänna utan "så väl som ock hvarje Bergslags särskilde hushålls-inrättningar".⁵¹ Också Berzelius var medveten om de lokala skillnaderna. Han erinrade om att lokala avvikelser vid blåsrörsanalys kunde ställa till problem, "olikhet i lägerställe kan förorsaka afvikelser i resultatet", vilket medförde att det kunde vara svårt att särskilja en oriktig observation från en faktisk iakttagelse.⁵²

Den lokala kunskap som krävdes i det skapade landskapet var en komplex kunskap. Ett exempel är den så kallade "polningen", en metod som användes vid kopparframställning, och som bestod av att en rå och frisk trädgren, helst björk, under omröring stacks ned i den smälta råkopparn för att ytterligare rena denna.⁵³ Processen är komplicerad och kräver ett tränat öga och en van hand, trädgrenen får inte vara vare sig för lång eller för kort tid i kopparn. Metoden var samtidigt en viktig teknik, och förmodligen att kunna använda den kunde vara helt avgörande för utgången av hela processen. Metoden var samtidigt så effektiv att den faktiskt fortsatt användes långt in på 1800-talet.⁵⁴

Vid den för bergsmannen så centrala bearbetningen av malmer blev således på grund av kunskapens lokalitet hantverkskunskapen avgörande. Ett viktigt moment därvidlag var iakttagelsen, "blicken". Den var viktig, inte bara vid den okulära besiktningen av malmer i avsikt att utröna deras halt av värdefullt material, utan även vid pågående processer. Vid kopparframställning talas om "garblicken", det vill säga den färgförändring som avgör när processen skall avstannas på samma sätt vad gäller framställning av bly, då skall man avvakta en "blyblick", vid silver en "silverblick" etc.⁵⁵ Att lära sig känna igen dessa "blickar" var en erfarenhetsmässig traderad, och i huvudsak kvalitativ kunskap. Axel Bergenstierna beskriver skedvattnets användning för att särskilja guld och silver och andra metaller med följande ord: "Het drifning med starkt drag igenkännes å capellernes eller muffelens mycket liusröda eller hvita färg: Profwen röka och drifwa fort, och om de är Silfwerrike, med stora blommor".⁵⁶

Dessa "blickar" och kvalitativa iakttagelser var kunskap som erhållits genom erfarenhet och inte genom kemiska studier; bergsmannen bara "visste" att när smältan betedde sig på det eller det sättet var koppar-, bly-, eller silverhalten som störst, han hade inget större intresse av att veta varför. Den lokala kunskapen fick man naturligt på plats, och den krävde många gånger ett ganska hårt och slitsamt arbete. När Anton Swab skulle undersöka gruvor innebar detta ett väldigt "krypande på händer och fötter" i olika gångar med resultatet att han "våt, orenad och med stenarter lastad" kom upp ur gruvan.⁵⁷ Vad beträffar produktionsprocesserna var det frågan om grova metoder och grova processer, där mängderna mäts i hundratals kilo, och där en traderad hantverkserfarenhet var

avgörande för hur processerna skulle styras, och där de försök till exakta analytiska bestämningar kemisterna utförde saknade betydelse. När Sven Rinman sade att proberaren skaffade sig kemiska kunskaper genom att ”grundeligen känna de enkla materialier, flusser och hjälpemedel [...] i afseende på deras egenskaper och förhållande”,⁵⁸ var detta givetvis varken märkligt eller nytt, men den kunskap Rinman syftade på var en hantverkskunskap baserad på lång erfarenhet. Vad bergsmännen gjorde i rostgropar, ugnar etc., skiljde sig från vad kemisterna gjorde i sina laboratorier. Lokalt gällde i det skapade landskapet, i det mentala landskapet eftersträvade man det generella.

Kemi och mineralogisk klassificering

När bergsmännen överförde mineraler till det skapade landskapet blev de objekt med ett bestämt ekonomiskt värde. När sammansättningen av ett värdefullt mineral hade bestämts, och det räckte med ungefärliga bestämmningar, återstod för dem ”enbart” tekniska och praktiska problem i samband med gruvhantering och järnframställning, som brytning, uppfodring, bokning, smältning, rening etc. Det var lösningen på sådana problem som genererade den vinst man eftersträvade. Kemisterna överförde å sin sida efter att ha analyserat sammansättningen hos olika mineralier, dessa till det mentala landskapet, där deras värde inte mättes i ekonomiska termer. Där var det viktigare att skapa ordning i det iakttagna. Ett sätt på vilket detta kunde ske var genom klassificering. Att skapa ordning med hjälp av klassificeringen var ett forskningsområde med starka traditioner i Sverige. Utvecklingen inom kemin ger ingen anledning att ändra en sådan bild.

I början av 1700-talet baserades klassificeringen av mineraler först och främst på iakttagelse av mineralernas yttre egenskaper, och vi kan utgå från att en sådan okulär besiktning när den utfördes av bergsmän byggde på lång erfarenhet av och kunskap kring mineralers utseende. Ett mineral av ett visst utseende kunde då bedömas innehålla så mycket järn, en annan koppar, eller inget av intresse alls, och så vidare. Med en blick kunde en van bergsman på ett tidigt stadium fastställa mineralets sammansättning – och om det var brytvärt. Det var en kunskap som inte kunde fästas på papper, annat än som vaga kvalitativa angivelser, och tolkningen av en sådan angivelse kunde endast ske av den som konkret hade hållit flera olika mineraler i handen sedan tidigare. Det var den kunskapen som de första mineralogiska klassificeringssystemen byggde på.

Med de utvecklade kemiska analysmetoderna under 1700-talet ökade möjligheten att uttala sig mer bestämt både om sammansättning och om mängder av olika substanser i ett mineral, och därmed ökade möjligheterna att skapa ett nytt mineralogiskt system. De mineralogiska klassificeringssystemen kom under 1700-talet alltmer att baseras på inre karakteristika, det vill säga på kemisk sammansättning. Övergången till denna

nya klassificeringsform skedde inte genom ett dramatiskt skifte, utan var en process som långsamt växte fram utan stora stridigheter, och i de flesta system blandades klassificering efter yttre och inre principer, även om den generella tendensen mot en ökad betydelse för inre egenskaper var uppenbar.⁵⁹ När Daniel Tilas 1738 försökte bygga ett system baserat på yttre egenskaper (och fyndort!) och detta inte räckte, ville han komplettera genom att hänvisa till mineraliernas ”*particulæ constitutivæ*”, men för att finna dessa var det nödvändigt att ”Stenarne blifwa besedde och ransakade igenom gode och tillitelige microscopier; men aldra förnämli-gast, at försök giöres uppå dem, både i watn och eld, eij allenast til Qvan-titeten eller Docimastice utan och Qvaliteten eller Chymice”.⁶⁰ Mikrosko-pet utvecklades och användes kontinuerligt vid yttre klassificering under hela 1700-talet, och skall ses som ett komplement till den inre kemiska. Den kemiska bestod länge endast av att mineralets förhållande till eld angavs, då de kvantitativa kemiska beräkningar ännu befann sig i sin linda och inte kunde tjäna som grund för klassificering. Till detta bidrog för det första att analysmetoderna – inte minst blåsrörstekniken – fort-farande i grunden var kvalitativa, och för det andra att det var svårt att avgöra vilka prov som skulle betraktas som homogena, särskilt vad det gäller mineraler ryckta ur det naturgivna landskapet. Analysresultaten av vad som betraktades som ett mineral kunde därför vid mitten av 1700-talet variera avsevärt beroende på fyndort, vilket försvårade införandet av kemisk sammansättning som grund för ett entydigt mineralogiskt sys-tem.

Samtidigt ökade det vetenskapliga behovet av en ny mineralogisk klas-sificering. Den ständigt ökande mängden nyupptäckta mineraler med-förde att det blev svårare och svårare att särskilja dem enbart med ögat och på grundval av yttre egenskaper. Det var framförallt kemister med anknytning till universitetet som blev förespråkare för de kemiska syste-men. Torbern Bergman ville senare ha ett renodlat sådant och hävdade nödvändigheten av goda kemiska analyser, vilket för Bergman också in-kluderade den kvantitativa sammansättningen. Överhuvudtaget menade han att efter att ha börjat analysera stenar ”Smält-vägen” att mineralogisk klassificering blivit en besvärlig vetenskap, inte minst sedan de kvantita-tiva metoderna visat att eftersom ”stenar af lika utseende ofta til art och inre beskaffenhet äro ganske skiljaktige, samt tvärt om, at til ytan aldeles olika, dock kunna äga samma lynne, råkade denna Vetenskapens idkare uti stor förlägenhet”.⁶¹ Lösningen hette ännu mer kemisk analys och de kemiska klassificeringsförsöken kom att gradvis förändras från en kvali-tativ grund till en kvantitativ.

Att sammanställa mineralogiska system kom under 1700-talet alltmer att betraktas som en uppgift för vetenskapen. Anders Jahan Retzius, så småningom professor i kemi vid Lunds universitet men med bakgrund både som apotekare och i Bergskollegium, kallade 1773 Cronstedts

mineralogiska system ett mästerverk, men tillade att det ”är hwarken begripeligt eller nyttigt för andra än dem som äga insigt i Chemie, utom hwilken ock all Mineralogie blir et lekwerk”.⁶² Gustav von Engeström hävdade att systemen speglade en ordning, som en gång för alla var nedlagd i naturen. Hade kemisten ”af de Mineraliska kropparnes egenskaper och verkningar [upptäckt] det naturliga sammanhang, som desse kroppar hafwa til hwarandra”, hade man också funnit ett system byggt på ”sådana Grunder som Naturen sielf i kropparne nedlagt”.⁶³ Bortsett från att de mineralogiska vetenskapliga systemen nu blivit religiöst sanktionerade abstraktioner av det naturgivna landskapet, ser vi att med den kemiska analysens och de kvantitativa bestämningarnas intåg i mineralogin hade de mineralogiska systemen förvetenskapligats och därmed också fjärmats från det skapade landskapet. Trots att enligt Engeström och andra vetenskapen och laboratoriarbetet med nödvändighet hade en uppgift inom bergsbruket för att ”utröna mängden af en metall som i malmen finnes [krävs] större Laboratorier”.⁶⁴

Bergsbrukets kvalitativa beskrivningar fortsatte att vara en del av de vetenskapliga systemen. Även för Berzelius, vars mineralogiska system brukar beskrivas som det första som var helt konsekvent uppbyggt efter ämnenas kemiska sammansättning, var den kvalitativa iakttagelsen, en bedömningsform man i grunden lärt av bergsbruket, den viktigare delen av vetenskapen. Han ville uppställa sina resultat på ett sådant sätt att

läsaren i ett ögonkast igenkänner mineralets så väl kvalitativa som kvantitativa grundblandning, det är mineralets kemiska natur. Att sådant icke kan vinnas genom den procentiska uppställningen [...] har läsaren insett. Mineralogiske analysernes resultat måste därför uppställas på tvenne sätt, ett handverks-resultat det procentiska, och ett vetenskaps-resultat, hvilket jag [...] måst uttrycka genom en till hvarje analys bifogad liten förklaring.⁶⁵

Bergsbrukets sätt att beskriva mineraler var fortfarande en självklar del av den vetenskapliga beskrivningen.

Mineralogiska system och bergsbruket

Men hur mycket än den kemiska analysen var en grund för upprättandet av kemiska mineralogiska system, tycks intresset för sådana system ha varit ringa hos bergsmännen. Att veta var i ett mineralogiskt system ett järnmineral eller ett guldmineral hörde hemma hjälpte ju föga bergsmännen i hans praktiska utövning, vare sig det rörde sig om att hitta fyndigheter, renframställa den värdefulla ingrediensen, eller bearbeta den vidare. Skillnaden mellan denna praktik och vad kemisten sysslade med var också klar för många vetenskapsmän. Johan Gottschalk Wallerius var övertygad om att kemin var av största betydelse för bergsbruket, men gjorde ändå

tydlig skillnad mellan hantverksarbete och kemi. Efter att vetenskapligt ha klassificerat olika typer av järnmalmer efter yttre karakteristika lade han till – i finstilt – att man även kunde klassificera järnet efter om det var kallbräckt eller rödbräckt, en indelning som ”tjena för smältare, hvilka skola frambringa jernet”.⁶⁶ På samma sätt kunde kopparmalm för ”kall-råstare” och ”smältare” klassificeras på annat sätt än det vetenskapliga, nämligen efter hur de betedde sig vid smältning, i ”Blötmalmer, hårdmalmer och segmalmer”.⁶⁷

Också den välutbildade Sven Rinman var inledningsvis skeptisk till en kemisk klassificering. Vid mitten av 1700-talet hade han svårt att tänka sig ett kemiskt klassificeringssystem som för järnmalmer byggde på en kombination av enkla kemiska egenskaper och procenthalten järn i olika mineraler.⁶⁸ Trettio år senare hade han visserligen svängt i förhållande till de kemiska systemen, särskiljde det empiriska och det pragmatiska, men ville fortfarande retoriskt förena de två systemen i ett. ”Således måste den mineralogie vara den fullkomligaste, som i bästa måtto kan förena begge dessa kunskaps-vägar [utvärtes kännetecken ... invärtes egenskaper]”.⁶⁹ Att bara lita på vetenskapen var inte tillräckligt.

Wallerius som var väl påläst i den samtida kemin konstaterade 1783 att han hade ”et oinskränkt förtroende til de Chemiska försökens riktighet, då de väl och rätt blifva gjorde, men förmenar, at af dem ej säkra slutsatser til kropparnas composition altid kunna göras”.⁷⁰ Bortsett från den självklara komplikationen kring hur man avgör vilka försök som är ”väl och rätt”, och vem som avgör detta, visar citaten på en väl spridd osäkerhet vad gällde möjligheten att med exakthet bestämma kemisk sammansättning. Denna osäkerhet försvårade konstruktionen av varje mineralogiskt klassificeringssystem. Wallerius kollega Per Hjelm drog sin slutsats rakt på sak: ”alle Systemer [inom vetenskapen] äro vacklande”.⁷¹

Till yttermera visso hade inte heller bergsmännen någon större nytta av de allt mer exakta bestämmingar av sammansättning som kemisterna kommit fram till. Orsaken var helt enkelt det ovan angivna förhållandet att malmer och mineralier sällan var homogena. Det mineral som kemisten försökte bestämma den generella sammansättningen av, hade för bergsmannen en sammansättning som kunde variera med fyndort. Detta var i huvudsak ett problem som fortsatte att bekymra kemisterna, och var till exempel fortfarande för Berzelius en realitet.⁷² Men det var också ett problem som gjorde de kemiska bestämmingarna mindre intressanta för bergsmännen. De kvantitativa systemen kunde inte lära bergsmännen något nytt och var inte användbara för dem.

Fjärmandet från praktiken blir ännu tydligare om vi ser på den variant av vetenskaplig klassificering som de geologiska kartorna utgjorde. Sådana började produceras under slutet av 1700-talet, då önskemål om geologiska kartor blev allt vanligare, och bergsmännen knöt stora förhoppningar till dem för att kunna förutsäga var värdefulla fyndigheter

kunde finnas. Bakom låg den enkla empiriska erfarenheten att en viss metall ofta hade återfunnits tillsammans med vissa bergarter, och hittade man det ena borde det andra kunna återfinnas i närheten. Genom att på en karta ange var vissa bergarter låg ökade möjligheterna att där hitta mineraler som ofta förekom med just denna bergart. Kemin kunde emellertid inte i någon större utsträckning, eller inte alls, bidra till upprättandet av sådana kartor, trots att kemisterna i stor utsträckning ivrade för dem. Enligt Daniel Tilas skulle en bergsman ”med flit undersöka [...] Bergs och Mineral Streks” förhållande till varandra.⁷³ På den grunden kunde ”oumgängeligt [...] richtige Geographiske Chartor upställas huru hwart och et Berg eller Jordslag til längd, Bredd och strykande efter wäderstreck sig wisar”.⁷⁴ Mårten Triewald betonade 1740 att det är viktigt att känna till förhållandet mellan gråberg och mineralförekomst, eftersom detta säger mycket om var vi skall leta, en sådan kunskap är till och med ”oumgängelig för en malmetare”.⁷⁵ Wallerius hänvisade 1747 uppskattande till förre assessorn i Bergskollegium, Magnus Bromell, som tidigare velat konstruera en mineralogi så att man kan ”igenkänna och upfinna” nya mineraler.⁷⁶ Även Cronstedt lanserade tidigt förslag till kartläggning.⁷⁷ Men vid ingen av de metoder som föreslogs användes kemisk analys, än mindre teorier, utan den direkta observationen av malmstreck, deras storlek, riktning och läge i naturen var helt avgörande.

Det är svårt att avgöra hur dessa kartor användes. Bergsmännen kunde väl i ord vara intresserade av dem, i den mån de beskrev det landskap där de vistades. Men detta skapade landskap tillfördes inget nytt genom de geologiska kartorna. Man kan jämföra med Bergmans principer för ordnandet av mineralsamlingen vid Uppsala universitet, där syftet var att lära sig hur det såg ut i en gruva, men den lärde inget om var man kunde hitta nya mineraler. Gruvan i Ädelfors, som drevs av staten, såg bitvis lovande ut eftersom den innehöll ”ymnig kies” som ”synes wilja på djuvet alt mer och mer tiltaga”, i en annan gång har man hittat ”wacker och tät Gyldisk Kies”, samt under grävningarna hade man ”under wägen yppat flere nya parallele Guld-Malms förande gångar”.⁷⁸ Det var på plats, lokalt, som alla fyndigheter till slut måste bedömas.

Att önskemålen om geologiska kartor avtog under slutet av 1700-talet tyder också på att deras praktiska betydelse blev ringa. Visserligen förblev en del av Bergskollegiums verksamhet att upprätta kartor, bland annat försökte Hjelm presentera en karta över porfyrförekomster, och 1800 publicerade brukspatronen och Berzelius nära vän Wilhelm Hisinger ett antal petrografiska kartor.⁷⁹ Det är tveksamt om dessa var av någon praktisk betydelse för gruvnäringen, utan de kan i första hand ses som ett förvetenskapligande av de geologiska kartorna analogt med vad som skedde med de mineralogiska systemen.

De kemiska aspekterna på systembyggen kunde således bergsmännen väl i ord acceptera, och gjorde säkert så utan vidare, men för dem var

vilken ”naturlig” ordning som helst helt underställd de praktiska behoven: att utvinna så mycket metall som möjligt ur fyndigheterna. Dessa ändrades inte av att kemisterna retoriskt hävdade att man rättade sig efter praktikens krav och konstruerade system för att tillfredsställa bergsbrukets behov.⁸⁰

I skuggan av bergbruket: Kemin i Sverige under 1700-talet

Bristande konsensus inom kemin

När bergsmännen sade sig anlita vetenskapen var det för att få svar på sina frågor, och för att få praktiskt användbara upplysningar. Kemin hade besvär att på ett tillfredsställande sätt uppfylla dessa önskemål. Till det fanns flera orsaker, men en var säkert att den vetenskapliga oenighet som gällde vid valet av klassificeringsmetod också gällde när de metallurgiska processerna teoretiskt skulle förklaras. Det måste ha varit konfunderande för bergsmännen att kemisterna sällan lyckades nå konsensus i för bergsbruket så viktiga frågor. Bergsmännen visste att masugnsprocessen fungerade, men kemisterna kunde långt ifrån enas om vad som skedde i en masugn. När bergsmannanäringen på 1740-talet råkade i kris anropade Eric Stockenström i ett tal 1749, retoriskt korrekt vetenskapen om hjälp för att motverka de dystra framtidsutsikterna. Samtidigt erinrade han om att den ännu var ofullkommen: ”Om kunskapen angående metallernes generation kunde hjälpas på en säkrare fot, än hit intils, så hade man at hoppas et säkert näringssätt i alt hvad bergverk angår; men alla deruti gjorde rön äro här til ännu ej tillräckelige” – tvärtom ”de lärde tvista med hvarannan härom”.⁸¹ Och Bergman instämde: ”at enligt malmens natur och ortens omständigheter utfinna den lindrigaste och *tjänligaste smältprocessen*, är ett kemiskt problem, som ej får räknas ibland de lättaste”.⁸² Enligt assessorn vid Bergskollegium och myntguardien Gustaf von Engeström hade kemin utvecklats som aldrig förr, ”men då man uti utöfvandet deraf finner många contradictioner imellan egna och andras Rön, änskönt på samma ämne anstälde, så yppas först, hvad som i kännedomen af denna vetenskap fattas”, och han ställde frågan i samband med de många olika uppgifter om flusspatens sammansättning han hade kommit över: ”hvilken av dessa Auctoror skall man tro?”⁸³ Och kanske lite uppgivet fyllde han senare på med, ”om man kan visa, at desse Journaler äro tvärt af stridande emot hvarandra uti sina omdömen om lärda arbeten, hvad skall man då säga?”⁸⁴ Henrik Theophil Scheffer, direktör för Ädelfors guldverk och senare proberare vid Bergskollegium, påpekade, att vi ännu inte vet, det vill säga vetenskapen kunde inte förklara, vad uppkomsten av kallbräckt järn berodde på, ”hvadan kallbräcka härrörer är ännu icke utredt”.⁸⁵

Bakom denna bristande konsensus och de mycket divergerande teoretiska och vetenskapliga uppfattningarna fanns en spänning inom den

teoretiska kemin mellan å ena sidan ett inom alla vetenskaper dominerade experimentalfysiskt förhållningssätt, inspirerat av en newtonsk metod och syn på naturen, och med en strävan att finna kvantitativa generella lagar, och å andra sidan vad många betraktade som kemins huvudsakliga uppgift att karakterisera det unika, vilket i huvudsak skedde med kvalitativa metoder. Bergsmannakunskapens lokalitet kom ofta i motsatsförhållande till de vetenskapliga försöken att hitta generella förklaringar. Denna centrala skillnad mellan det lokala och det generella doldes ofta bakom samtidens merkantilistiska nyttoretorik och dess oprecisa användning av termen vetenskap. Bakom detta språkbruk fanns en särskilt typ av kunskap, som kunde associeras med kemi och som framförallt studerade det unika och skillnaderna mellan olika substanser, men som samtidigt ville nå den status som följde med experimentalphysiken, en vetenskap med generella anspråk.

Eftersom kemin hade svårigheter både med bergsmännens behov och med det experimentalfysikaliska idealet, sågs den med misstro av de förra, eftersom den inte var till nytta, liksom av den senare gruppen då man inte lyckats finns någon allmängiltig generalisering (jfr dock om flogistonteorin nedan). Kemin fick ofta en dubbelt negativ stämpel.

jag menar Chymien, hade för sit tvetydiga utseende ännu icke fått loaf att bo bland dess [de övriga naturvetenskaperna] medborgare. Den var aktad antingen för hög at begripa af de lärande, eller för farlig, i anseende til vissa villostigar, som därvid kunna tagas, när Experimental-Physiquen icke banat vägen för hånne.⁸⁶

Skillnaden mellan de två förhållningssätten som här kallats skillnaden mellan fysik och kemi, var en skillnad som de flesta vetenskapsmän omfattade under denna tid, men i själva verket vore det riktigare att kalla det skillnaden mellan två attityder gentemot studiet av naturen, där man var intresserad antingen av det generella eller av det speciella.⁸⁷ Många naturvetare vacklade mellan dessa två attityder. När Göran Vallerius, bergmästare i Uppland, och även han till slut assessor i Bergskollegium, ställde frågan om matematiken eller fysiken skulle känneteckna studiet av *scientias rei metallicaе*, gav han svaret att de två vetenskaperna borde dela på den.⁸⁸ Skillnaden mellan en fysikalisk attityd och en kemisk fanns särskilt väl uttryckt hos Bergman, för vilken ”naturforskning (Physica) [...] up söker [kroppars] allmänna egenskaper” och ”Chemien [...] upptäcker deras sammansättning och orsakerne til deras olika beskaffenhet”.⁸⁹ Strävan efter generalitet ledde kemisten bort både från det naturgivna och från det skapade landskapet, intresset för det unika höll honom fast vid dem.

Den isolerade empiriska kemin

Visst var det en klar åsikt hos samtliga naturvetare att empirin skulle vara grunden för all vetenskap, och kemi var mycket empiri. Bergman menade

att kemins roll var just att utgöra grunden, från vilken man skulle sträva uppåt. Genom rön och försök skulle man ”med Newton gå uppföre til de sanna orsakerne, och ej med Cartesius nedstiga ifrån diktade orsaker till phenomenerne, hvilka då alltid behöfva förklädning, at på något sätt kunna passa”, och enligt Bergman var kemin ”liksom kärnan” i denna empiriska process.⁹⁰

Men även om denna empiri vad gäller kemin på 1700-talet till största delen kom från bergsbruket, levde kemin och det kemiska experimentet många gånger ett isolerat liv skilt från bergsbrukets realiteter. Det är tydligt när Gustaf von Engeström om utövändet av kemin säger sig ”merändels på en tid varit innesluten inom min kammare [och sysslat med] mitt största nöje, neml. Chymiska försök”.⁹¹ Engeström hade en grundtro till vetenskapen och dess möjligheter att vara samhället till nytta, men efter omfattande studier, kunde han konstatera att det inom kemin långt ifrån rådde enighet om vad som skulle betraktas som god kemi, och att motsättningarna var många. Engeströms kommentar kring blyspat är upplysande.

Lyckligt är ändå, när sådana stridigheter röra endast ämnen, som i allmänna lefvernet äro af mindre betydande nytta. Då man endast anser Chymien på den nyttiga sidan, så kan det nästan göra lika mycket, om Flusspaten innehåller en egen syra eller någon förut känd, om Blyspaten innehåller Acidum Salis eller icke, och så vidare.⁹²

Det man gör i laboratoriet är mindre intressant för den breda allmänheten. Engeström kan synas extrem, men de internationellt sett mest kända kemisterna i Sverige under denna tid hade också ett omfattande internationellt nätverk av annat slag än gruvnäringen, med andra akademier och andra vetenskapsmän. Det var naturligt att i det sammanhanget blev i kemisternas värld lokaliteten, och praktiken utanför laboratoriet, av underordnad betydelse.⁹³ De var också i hög grad via detta kontaktnät, som de inspirerades av den nya experimental fysiken, och de teoretiska diskussionerna blev synligare där.⁹⁴ I detta kontaktnät rörde sig kemin och bergsbruket inom olika sfärer.

Det har sagts att kemin kom att påverka utvecklingen av kopparprocessen under slutet av 1700-talet vilket har knutits till Johan Gottlieb Gahn.⁹⁵ Enligt merkantilismens retorik skulle det också vara så. Men även hos Gahn är vetenskapsmannen och bergsmannen två olika personer, åtminstone uppfattade han själv saken så, och framhöll gärna sitt vetenskapliga intresse, som han fick ägna alltför lite tid åt, och som skiljde sig markant från hans praktiska arbetsuppgifter. ”Jag har så nyss sluppit hyttan att jag ännu inte fått vara i Probérkammaren”, ”huru intet jag på långa tiden fått röra wid Chymien och någon Wettenskap”, ”Häriifrån hafva wi inga nyheter för Wettenskaperne att berätta, endast sysselsatte att arbeta med Handkraft”.⁹⁶ Det är inte förvånande att det om Gahn har sagts att han, trots sina vetenskapliga kvaliteter, var och ”förblev [...] bergsman och

kopparinvägare”.⁹⁷ Men Gahn var samtidigt mycket medveten om var den nödvändiga kunskapen för att kunna framställa koppar fanns. Han hade försökt förstå processerna vid kopparsmältningen, där många var villiga att ”idelig raisonnera och Théoretisera [men de] Förämsta kunskaperne, eller en någorlunda pålitelig historia facti, ligger hos smältarne, af hvilka den ena wet det mer än andra, och den andra något annat”.⁹⁸ I hyttan användes många kunskaper men Gahn önskade ”om ändå Chymien i de närskylda delar wore så uparbetad att man hade någon hjälp däraf”.⁹⁹

I det mentala landskapet och i sitt laboratorium var kemisten primärt inte intresserad av att utveckla nya metoder eller att omsätta sina kunskaper i praktisk verksamhet, det vill säga inte intresserad av nyttan, eller av att omsätta sina teorier i större skala och lokalt.¹⁰⁰ Indirekt anger Engeström som en orsak att det redan i laboratoriet återstod problem att lösa, såsom bristande standardisering vid försökens utförande. Enligt Engeström var sådant som lösningsmedel och temperaturer ”svåra att öfver hela verlden hafva lika”.¹⁰¹ Vetenskapens generella ideal var svårt att upprätthålla till och med i den konkreta laboratoriemiljön. Hur skulle man då kunna tillämpa vetenskapen i stor skala?

Bergsmännen och kemin

Men enligt det merkantilistiska idealet *skulle* vetenskapen vara nyttig, det vill säga den skulle tillämpas. Men teorin räckte inte till detta, hur mycket retoriken än hävdade motsatsen. Bergsrådet och gruvägaren Detlof Heijkenskiöld var bestämd: ”Ehuru nyttig och oumgängelig Theoretiska kunskapen i detta näringsfångs skötande är, så blifver utöfningen och hushållningen därvid lika oumgängelig”.¹⁰²

Men även om kemin när den hänvisade till nyttan hade bergsmännen och bergsvetenskaperna som direkt mål, var kemin som nämnts bara en del av den kunskap bergsmännen behövde, då ”Mineral-känning, Proberkonst och Chemie” betraktades som olika saker.¹⁰³ Utan tvekan var kemisterna imponerade av den praktiska kunskap som bergsmännen här besatt. Bergman ansåg bergsmän som skickliga och med lång erfarenhet av smältprocesser och dylikt, men han lade till: ”ännu saknade de en vetenskap, som uplyste alla verkningarnas förhållande och sammanhang”.¹⁰⁴ Det var med hjälp av kommande vetenskap bergsbruket skulle utvecklas, inte med hjälp av den nuvarande. Men för bergsmännen själva var det uppenbart att kunskaper i kemi inte räckte för att bli en god bergsman, kunskaper i kemisk teori ännu mindre. Bergsrådet Samuel Sandels påpekade i sitt minnestal över Emanuel Swedenborg att även om denne studerat matematik och naturkunnighet räckte inte detta, teori utan praktik var inte tillräckligt, och ”[d]et gjorde för Honom icke heller tilfyllest, at öva sig uti ett Chemiskt Laboratorium och at taga kunskap om Svenska bergverken med deras grufve byggnader och arbets processer”, så Swedenborg bestämde sig för att resa utomlands.¹⁰⁵ Om Daniel Tilas sades att han efter studier

vid akademien, ”studerade [...] världen, i stället för Theoretisk kundskap [och besökte] den Practiske och det under den tiden störste Mästare uti Lagfarenheten och Bergs-vettenskapen”, och att han hade ansett det nödvändigt ”at fly hemknutarne och räkna den tid såsom förlorad, då Han ej kunde vara ute i orterne at lära något”.¹⁰⁶

Många kemister blev allt mer medvetna om att de inte bidrog till utvecklingen av olika industriella aktiviteter i vilka kemiska processer var avgörande, eller med Bergmans ord: ”i enkilta hushåll, som allehanda verkstäder, dageligen förefalla en stor myckenhet förrätningar, som till sin natur, verkeligen äro chemiske [men] desse hafva just icke at tacka sjelfva vetenskapen för den fullkomlighet de vunnit, åtminstone intet alle”.¹⁰⁷ Låt vara att han hävdade att det nu skulle ske en ändring, och att kemin nu skulle gripa in i vardagsprocesserna på ett annat sätt än tidigare. Denna kemins nytta var ett standardargument för att bedriva vetenskap, då som nu.¹⁰⁸ Men argumentet överensstämde inte alltid med verkligheten.

Ett förtydligande behövs här. Givetvis var (eller är) vetenskap inte ett entydigt begrepp. Det var en annan typ av vetenskap än den kemiska, som bergsmännen refererade till när de retoriskt talade om vetenskapen. Anton Swab hävdade 1780 att gruvkonsten byggde på ”fullkomlig kännedom af de *särskilte* befintlige mineralers natur, med biträde af de Vetenskaper, som underhjulper kunskaperne om en ordentlig Grufwebyggnad”.¹⁰⁹ ”Vetenskap” skall här närmast jämföras med konsten att uppföra byggnader. I en ny *Masmästar Ordning* (1766), lyftes fram att järnhanteringen de senaste åren gjort stora framsteg, ”hwartill bidragit, at man börjat skiöta Masugns-byggnader och Tackjernsblåsningar icke blott, såsom något handwerks arbete, utan såsom en på Wettenskaperna byggd Bergsmanna öfning”.¹¹⁰ Denna vetenskap var inte kemin. Masmästarens uppgift var att kontrollera malmens beskaffenhet, dess förhållande till elden, hur den bäst skulle rostas, egenskaper hos flussar och blandningar, hur masugnen skulle byggas och skötas, samt hur arbetet i hyttan skulle organiseras. Till sin hjälp hade han masmästare, stegresare, hyttdrängar, uppsättare, bokare, rostbrännare, men ingen kemist. Utbildningen av medhjälparna skedde som en hantverksutbildning och för att bli masmästare måste man till exempel först ha varit hyttdräng ett antal år. Innebörden i begreppet vetenskap som det används i *Masmästar Ordning* är inte densamma som den hade för de vetenskapligt utbildade kemisterna (och representanter för andra vetenskaper) vid universitetet, utan skall snarast jämföras med en avancerad hantverkskundskap.¹¹¹ Det är återigen nödvändigt att särskilja de olika kunskapstyper som döljs bakom ordet ”vetenskap”, för att kunna diskutera förhållandet mellan kemi och bergsbruk.

Det är helt följdriktigt att bergsmännen sällan uttalade sig om kemin, och när man gjorde det beklagade man ofta sina kemiska kunskaper, men pekade samtidigt på diskrepansen mellan det egna arbetet och kemisternas. När Sven Rinman blev intresserad av ”huru magnesia metallen i

större smält. än uti diegel kunde utbringas och hvad Theorie derwid bör observeras [men jag] måste upriktigt bekänna, at jag intet äger nog kundskap dertil och hinner ej eller utreda den Theorie jag deruti kunnat af försöker hämta”.¹¹² Detta hindrade inte Rinman från att göra ett utmärkt arbete. När Gahn blev intresserad av vissa kemikalier i Falu gruva, kommenterade Rinman att det ”roar [...] mig mycket, at abstracta Herrar Chymici också kunna blifwa litet mera materiela”, och Scheeles funderingar kring eld, luft, ljus och flogiston är intressanta, anser Rinman, men ”de äro nog abstracta och höra till sublimeras i Chemien som eij är så aldeles i min wäg”.¹¹³ När Bruks societeten på 1790-talet ville publicera en avhandling om mekanik skedde en uppdelning så att Rinman fick den praktiska delen på sin lott, medan Erik Nordwall, bergsmekaniker vid Jernkontoret, skulle skriva den första teoretiska delen.¹¹⁴ Det blev den andra delen som publicerades först, den första kom först några år senare – det gick bra med teknik utan teori.¹¹⁵

Kemin utan bergsbruk

Mot bakgrund av den merkantilistiska ideologin och det följande stora inflödet av material från det naturgivna och från det skapade till det mentala landskapet, via de analytiska mötesplatserna, är det naturligt att kemin frodades och blev en stark vetenskap i Sverige under 1700-talet. Det blev en kemi som frodades i skuggan av bergsbruket, och som arbetade med material som associerades med bergsbruk.

Vetenskapsakademien räknas med all rätt som ett vetenskapligt centrum i Sverige under 1700-talet. Flera av Sveriges ledande kemister var av naturliga skäl ledamöter i Kungliga Vetenskapsakademien (KVA), men med hänsyn till att KVA var ett merkantilt projekt fanns där också många representanter för bergsnäringarna. Bergsvetenskapen borde således uppta en väsentlig del av KVA:s aktiviteter. En genomgång av akademiens handlingar visar dock förvånansvärt lite material om bergsbruk. Istället dominerade bidrag rörande förhållanden i det mentala landskapet, särskilt under slutet av 1700-talet då Bergman och Scheele presenterade sina rön, och under 1790-talet när framförallt Per Jacob Hjelm var flitigt representerad. Bland de kemiska bidragen hade förvånansvärt få direkt praktisk bäring på bergsbruk. Det stod inte mycket om metallurgi i *Handlingarna* och bidrag med anknytning till bergsbruk rörde dels ytterst sällan kemi, dels förekom de flitigast i början av perioden, till exempel ett kort rön insänt av en viss Anders Smältare.¹¹⁶ Mot slutet av 1700-talet ersattes dessa i allt högre grad av bidrag som måste karakteriseras som rent kemiska. Efter en genomgång av *Handlingarna* kan man konstatera att Akademien faktiskt inte bidrog till att stärka bergsnäringen i någon högre grad, och definitivt inte genom de tryckta bidrag som publicerades i dess *Handlingar*.

Under slutet av 1780-talet gav dock KVA ut en tidskrift i bergsvetenskaperna, *Bergsjournal*, uppenbarligen ett försök att tillfredsställa det

merkantila nyttoperspektivet. Denna tidskrift blev dock ett misslyckande och den fick läggas ner efter ett och ett halvt år. År 1817 kunde övermästaren och resenären Eric Svedenstierna skriva om *Bergsjournal* att den ”recenserades, berömdes, klandrades och blef osåld”.¹¹⁷ Detta misslyckande ger stöd åt tolkningen att vetenskaperna, framförallt kemin, inte kunde bistå bergsbruket, och att det vetenskapen kunde åstadkomma låg långt från de behov bergsbruket hade.

Instrumentmakaren vid KVA, Daniel Ekström formulerade 1750 ytterligare en orsak till varför bergshanteringen, och järnhanteringen i synnerhet, inte fick större plats i den vetenskapliga sfären, nämligen att man betraktade den nedlåtande, som ett vardagligt slit, utan större intresse för vetenskapen.¹¹⁸ Den hade helt enkelt inte lika mycket intellektuell status. Det gällde enligt Ekström att motverka ”den förklenlige tankan om järnsmidet [som] förorsakat brist på tillräckelig kunskap om alla de medel och utvägar, som der til äro nödige”.¹¹⁹ Smeders, hyttdrängars och andras tröghet medförde enligt Ekström att intresset för förändring blev svalt, det var därför svårt för nyare kunskap att slå rot. Men det kunde också vara så att nyare kunskap inte accepterades vid masugn och smedjor, eftersom den helt enkelt inte kunde bidra att utveckla arbetet. Rinmans yttrande trettio år senare kan användas som stöd för den tanken. Enligt honom hade järnet tidigare inte intresserat vetenskapen, endast de ädla metallerna hade ”sysslosatt Chemisterna; hvaremot Järnet blifwit lämnadt till Handtwerkares granskning”.¹²⁰ Att kemisterna yttrade sig positivt om sina möjligheter att påverka processerna i det skapade landskapet var helt i enlighet med den merkantila retoriken – om de hade möjlighet är en helt annan sak. Situationen skulle inte komma att förändras på lång tid framöver.

Kemisterna strävade efter att skapa vetenskaplig ordning och deras iver att klassificera hade varit ett uttryck för denna strävan. Men det fanns det också andra vägar att skapa en ordning. Under hela 1700-talet ökade kemisternas intresse för studiet av kemiska förlopp, framförallt hos kemisterna vid universiteten eller hos dem som på annat sätt saknade direkt anknytning till bergsbruket. Det var också här svenska kemister nådde sina största internationella framgångar. Framförallt gällde detta Bergman, som i linje med internationella strömningar i enlighet med det experimentalfysikaliska idealet försökte tillämpa Newtons lagar på den kemiska affiniteten.¹²¹ Detta inkluderade också ett kvantifieringsideal. Detta visade sig dock svårt (inte bara för Bergman) både att tillämpa Newtons lagar och att mäta och kvantifiera affiniteten, eftersom de egenskaper hos de minsta partiklarna man tänkte utgå från, framförallt den nödvändiga vikten, aldrig empiriskt kunde fastställas, eftersom man aldrig kunde iakttaga dem – och följaktligen inte heller väga dem. Temat återkommer ofta hos Bergman. Vattnets ”stam partiklar [är således så fina atomer att de] icke kunna skönjas af det aldrabäst beväpnade ögat”.¹²² Flogiston är ett

ämne ”för fint, at rent och ensamt kunna samlas eller betraktas”.¹²³ Bergman gjorde därför en åtskillnad på vanlig kemi ”*Chemia vulgaris*” som utforskade kropparnas grövre grundämnen, medan den högre kemien ”*Chemia sublimior*” utforskade de beståndsdelar av kropparna ”som för sin finhet annars undgå våra yttre sinnen”.¹²⁴

Resultatet av Bergmans ansträngningar att förstå de kemiska processerna blev de kända affinitetstabellerna. Dessa kan ses som ett sätt att klassificera affiniteten, och därigenom som ett sätt att åstadkomma en generell beskrivning av hur affiniteten fungerade. Tabellerna kunde emellertid läsas och förstås oavsett vilken teori om affiniteten betraktaren omfattade, på samma sätt som ett mineralsystem i princip var oberoende vilka teorier man omfattade om hur de olika mineralerna hade bildats eller varför de var sammansatta som de var. Diskussionerna kring affiniteten gav uttryck för den tidens mesta avancerade teoretiska kunskap, men dess praktiska tillämpning var ringa. Tanken att masmästaren skulle stå framför masugnen och blåddra i Bergmans latinska dissertation om de elektiva affiniteterna innan han fattade beslut om vilka åtgärder som skulle vidtagas är närmast absurd, även om masmästaren hade läst dem och även om han hade förstått dem, vilket i sig vore mycket möjligt.

Vad kemisterna åstadkom i förhållande till bergsbruket (och förmodligen i förhållande till annan hantverkskunskap som apoteksnäringen, jordbruket, m.m.) skulle kunna formuleras med begreppet kodifiering, det vill säga i kemiskt vetenskapliga termer beskrev man en kunskap som praktiskt redan fanns och som fungerade. Man talade om hur dessa processer ”egentligen” gick till. Detta var den uppgift kemien i relation till mycken industriell verksamhet, betydligt längre än vad Bergman hoppats, fick leva med.¹²⁵ Till exempel uppfattades hans egna järnundersökningar av samtida att vara ”til styrka för de upgifter, som [...] Rinman uti Järn-Historien vid samma tid anfört”.¹²⁶

Kodifieringen innebar samtidigt en förenkling i beskrivningen av praktiska processer eftersom kodifieringen var en del av generaliseringsprocessen. Att denna förenkling kunde göras på många olika sätt var ytterligare en orsak till den ovan nämnda bristande teoretiska konsensus som fanns hos kemisterna. Ett exempel rör kopparframställningen i Falun där många vetenskapsmän (Georg Brandt, Henrik Theophil Scheffer, Johann Gottschalk Wallerius) gav sinsemellan olika förklaringar.¹²⁷ Men med det gemensamma att de alla förklarade en process som redan fungerade. Kodifieringen var en del av förvetenskapligandet av processerna i det skapade landskapet, på samma sätt som de kemiskt baserade mineralogiska systemen hade varit det.

Flogistonteorin

Inom vetenskapshistorien har 1700-talets kemi blivit mest känd för flogistonteorin och mycket har skrivits om dess nedgång och fall, och om den syrebaserade/lavoisierska/antiflogistiska/moderna kemins framväxt, men nästan inget om dess uppgång, en minst lika intressant historia, om inte intressantare. Flogistonteorin är värd en studie i sin egen rätt.¹²⁸ Och eftersom den hade egenskapen att vara en lyckad generalisering inom kemin, och en generalisering som accepterades av bergsmännen, tycks den något motsäga ovanstående resonemang. Därför skall här något kort sägas om denna teori. Idén att alla brännbara kroppar innehöll det hypotetiska ämnet flogiston emanerade ur den enkla empiriska – och korrekta – iakttagelsen att vid förbränning bortgick mängder av substanser, rök, ljus, värme, materia, från den brinnande kroppen. Trots detta, eller tack vare detta, har det ibland skapat problem i tidigare framstegsinriktad historieskrivning att de ”bästa” kemisterna i Sverige alla anslöt sig till den ”felaktiga” flogistonteorin, som till exempel Bergman och ”syrets upptäckare”, Scheele.¹²⁹

Men flogiston hade sin hemorts rätt i det mentala landskapet, där teorin var en av många möjligheter att förklara förbränningsfenomenet. Och det var en ovanligt lyckad generalisering. Teorin kunde förklara flera av de kemiska processer som var inblandade i hanteringen av metaller, framförallt oxidation och reduktion. Den skall ses som en del av den kemi som kodifierade kunskap kring problem som emanerade från bergsbruket och det skapade landskapet. Det är signifikativt att flogistonteorin kom att dominera kemin i gruvländer som Tyskland och Sverige medan den inte var lika betydelsefull i Frankrike och England (även om de flesta kemister där anslöt sig till den). Flogistonteorin gav en enkel och enhetlig förklaring till ett fenomen alla kände till och som var centralt inom bergsbruket, nämligen förbränningen, och kom därför att accepteras av samtliga kemister som på ett eller annat sätt var anknutna just till bergsbruket – och det var i Sverige så gott som samtliga.

När kemisterna, utifrån de erfarenheter av förbränning de fått på de mötesplatser där analysen var det centrala, utvecklade teorin i det mentala landskapet, kom den, liksom de mineralogiska systemen, att förvetenskapligas och genomgå en teoretisk utveckling som mot slutet av 1700-talet förde flogistonteorin långt från bergsmännens intresseområden. Detta blev kanske framförallt märkbart beträffande det inom historieskrivningen så förkättrade begreppet ”negativ vikt”, ett begrepp som användes för att förklara den viktökning som inträffade när en substans, flogistonet, lämnade en kropp. Det var ett begrepp som en bergsman med stor sannolikhet ställde sig mycket främmande inför.¹³⁰ Andra exempel på den teoretiska förfining flogistonteorin utsattes för av kemisterna, var Bergmans försök med att framställa järnsyra, vilken enligt flogistonteorin

borde existera. Enligt teorin var till exempel svavelsyra svavel vilket hade berövats sitt flogiston, och analogt borde alltså också metaller som berövas tillräckligt mycket flogiston kunna övergå i en syra.¹³¹ Även Scheeles försök med olika gaser som skämd luft (det vi kallar kväve) och eldsluft (det vi kallar syre) utgick helt från flogistonteorin, när han gav sin teoretiska förklaring till förbränningsfenomenet.¹³² Både Bergmans och Scheeles experiment och teoretiserande visar att när den generaliserande flogiston-teorin väl fått fäste i det mentala landskapet var den kapabel att utvecklas och att förutse olika processer som senare experimentellt kunde verifieras. Helt frikopplad från det naturgivna landskapet kunde teorin dock aldrig bli (och kan ingen teori bli, så länge som den bygger på någon form av experimentell verksamhet), och det var egenskaper i naturen, och framförallt egenskaper hos gaser, samt noggrannare vägningar, som ledde till att flogistonteorin sakta försvann.¹³³

Bergsmännen höll fast vid sina uppfattningar, och inte minst fortsatte de sitt arbete på samma sätt som tidigare, oberoende av skiftningar i de teoretiska förklaringarna av förbränningsfenomenet. Man accepterade flogistonteorin för att kemisterna uppvisade ovanligt stor konsensus kring den och för att den begripliggjorde kända fenomen, inte för att den gav dem något nytt. Flogistonteorin var för dem i grunden en kodifierad förklaring av vad som praktiskt redan fungerade bra. Masugnprocessens utförande förändrades inte det minsta i och med flogistonteorins fall.

Vetenskaplig konservatism hos bergsmännen

Hos många bergsmän fanns en skenbar konservatism och en motvilja mot förändringar. Man eftersträvade primärt ekonomisk vinning, och det avgörande kriteriet när det gällde att införa nyheter var om de var ekonomiskt lönsamma. Att införa nya tekniker kunde vara kostsamt, och resultatet kunde vara osäkert, vilket fick gruvägarna att ogärna satsa på nyheter. Man nöjde sig ofta med smärre, men säkra förändringar.¹³⁴ De konstmästare som övervakade tekniken inom bergsvetenskaperna har ofta lyfts fram som framsynta och uppfinningsrika, med Christopher Polhem som lysande främsta exempel. Utan att förringa honom i hans egenskap av tekniker, tycks han dock snarast atypisk. En lång och fungerande tradition inom gruvbrytningen lät sig inte förändras så lätt av en person, och även Polhem mötte motstånd. Många av hans storstilade planer förverkligades aldrig just därför att de var ekonomiskt orealiserbara.¹³⁵ Nymodigheter hade under 1700-talet svårt att hävda sig mot denna fungerande tradition. Johan Carl Garney, av Jernkontoret utsedd övermasmästare, klagade att gamla byggnadsvanor bibehålls ”antingen af orsak, att Inbrukarne äro sjelfve intagne af fördom, eller ock, emedan de blifvit dertill öfvertalte af sina arbetare, hvilka ofta styras af gamla vanor, som svårigen kunna öfvervinnas”.¹³⁶ När Rinman ville göra försök med masugnarna

för att utveckla nya metoder mötte han motstånd från bergsmännen, som inte ville ändra på det de sedan gammalt var vana vid.¹³⁷

Kemisterna mötte ett liknande motstånd från bergsmännen trots att deras nya metoder ofta inte var lika kostsamma som mekaniska innovationer. Det kostade inte mycket att vända på malmen i rostugnen oftare, eller låta rostningsprocessen ske vid lägre temperatur, etc. Men kemisternas råd stod sig återigen slätt gentemot den starka kunskapstradition som representerades av masmästarens sedan generationer hopsamlade erfarenhet. När Per Jacob Hjelm 1786 undersökte kopparhalten i syltor, uppmuntrade Bergskollegium fortsatt arbete, eftersom det verkade lovande, men bergsmännen accepterade inte idén och inget resultat nåddes.¹³⁸ Och när en sådan vetenskaplig auktoritet som Bergman yttrade sig om hur kopparn i Falu bildats korrigerades han genast av andra, som stod gruvan närmare.¹³⁹ Och bilden är faktiskt densamma på 1800-talet, vilket bekräftas av de tidskrifter Jernkontoret gav ut i början av 1800-talet, den kortlivade *Samlingar i Bergsvetenskapen* (1806–1812), samt *Jernkontorets Annaler* (1817–), vilka var fyllda med ständiga hänvisningar till vetenskapernas nytta. Samtidigt, interfolierat med dessa hänvisningar, fanns iakttagelser om att vi måste lära oss det lokala, om att vetenskapen inte räckte.

Från utgivarhåll var man medveten om detta, men ville ändå hålla fast vid att vetenskapen var viktig. Att vara vetenskaplig tycktes ge status – då som nu. Den nedvärdering av hantverk som Daniel Ekström ovan hänvisat till fanns kvar och en av tidningens redaktörer, övermasmästaren Eric Svedenstierna, försökte i ett bidrag i *Samlingar* att höja praktikens status genom att kalla den vetenskaplig. Det gjorde han helt enkelt genom att bredda innebörden i termerna ”vetenskap” och ”praktik”. Grundtanken var enkel; eftersom både teknik och vetenskap grundar sig på erfarenhet kan de inte motsäga varandra, och de som konstruerar en motsättning mellan de två har fel.

Vid bergsvetenskapens utövning äro teori och praktik oskiljaktiga, och at en vidsträcktare praktik är i sig sjelf ej annat än en fullständig teori om utövningen, äfvensom teorien ofta är blott en systematisk uppställning af egen och andras erfarenhet[.]¹⁴⁰

Men detta kunde inte dölja att det fortfarande fanns två kunskapsformer som inte var jämställda. Det lyser igenom i det mesta som publicerades i tidskriften. För samtidigt hävdas i tidskriften att konsten att göra gott järn har avtagit, ”allt som de skickligare af gamla smeder utdött eller kommit ur arbetet”.¹⁴¹ Även om hänvisning till förlorad hantverkskunskap genom historien tycks ha varit ett ofta återkommande standardargument (som aldrig tar hänsyn till vad vi eventuellt lärt oss istället för den kunskap som gått förlorat) finns här underförstått uppfattningen att vetenskapen inte kunde ersätta denna förlorade kunskap. *Jernkontorets Annaler* var förvånansvärt explicit vad det gällde skillnaden mellan praktik och teori.

Rörande de senaste vetenskapliga rönen inom järnframställning hävdade man i ett svar på frågan ”På hvad sätt kunna sednare tiders kemiska, fysiska och mekaniska upptäckter lämpas till Svenska Jernberedningen” att ”så märkvärdig och upplysande denna teori än är, saknas likväl der mycket, som den praktiske Bergsmannen skulle önska att få utredt”, och något senare om Fourcroys och andra kemisters teori om orsaken till rödbräcka att den teorin var ”så ofullständig [...] och så gissningsvis, att det ej lönar mödan citera”.¹⁴²

Denna allmänna konservatism gentemot förändringar i fungerande processer, vilken återfanns hos många bergsmän, återgår i mycket av synen på den samtida vetenskapen, och fortsätter en bra bit in på 1800-talet. Ett exempel av många är när läraren i metallurgi och hyttkonst vid Kungliga Tekniska Högskolan, Victor Eggertz, i en kommentar till bergsexamens tvåårigt hävdade att kunskapsfodringarna inför en sådan examen bestämdes av respektive professor ”af hvilka man dock inte torde kunna begära att de skola ega tillräcklig insigt och erfarenhet om hvad som af dessa vetenskaper kan vara erforderligt för en nöjaktig, vetenskaplig bergsmannabildning”.¹⁴³ Man övergav inte en uppfattning som sedan länge varit knäsat, eller en teknik som fungerade, bara för att en vetenskapsman i sitt laboratorium eller sin studerkammare kommit fram till en ny teori. En sådan attityd levde kvar länge bland tekniker och ingenjörer.

Slutord

Förhållandet mellan bergsbruk och kemi och mellan olika aktörer har ovan diskuterats med hjälp av landskapsmetaforer, och med hjälp av begreppet mötesplatser (”trading zones”). Utgående från antagandet om existensen av ett naturgivet landskap har hävdats att det genom människans påverkan har uppkommit två landskap, det skapade och det mentala. I det skapade hade den ena av undersökningens två huvudaktörer, bergsmännens initiativ, i det mentala, den andra, kemisterna. Retoriken om den vetenskapliga nyttan spelade en roll i bägge landskapen och för bägge aktörerna, men undersökningen har visat att kemisternas roll, på grund av kemins karaktär, inte haft någon större inverkan på skeendena i det skapade landskapet. Det var svårt för kemin att finna tillämpning inom bergsbruket av två skäl. För det första ledde kemins vetenskapliga strävan efter generaliseringar till teorier som var för generella för bergsbruket, och för det andra krävde bergsbrukets krav på lokala åtgärder kunskaper som kemisten inte kunde tillfredsställa, helt enkelt därför att vetenskapen inte räckte till för att beskriva de komplicerade processer som kännetecknade metallhanteringen. De generaliseringar man många gånger försökte sig på gav för divergerande resultat och konsensus nåddes ej bland kemisterna (med undantag för flogistonteorin). Det skapade och det mentala landskapet skiljde sig åt.

Men samtidigt stod de två grupperna i nära kontakt med varandra och det fanns många mötesplatser. Dessa mötesplatser kretsade kring analys och återfinns i proberkammaren och vid blåsröret, även kallat det portabla laboratoriet. I proberkammaren undersöktes och prövades mineralerna, och konsten att analysera utvecklades kraftigt. I proberkammaren kunde både bergsmän och vetenskapsmän samlas och diskutera med varandra och utbyta erfarenheter. Förutsättningarna för kommunikation var goda eftersom man hade mycket gemensamt. För det första hade det material man arbetade med ett gemensamt ursprung i det naturgivna landskapet. För det andra var beskrivningarna av detta material i huvudsak kvalitativa. För det tredje fanns en gemensam analytisk teknik, som även om den många gånger kunde ge betydligt exaktare svar än vad bergsmännen behövde, kunde förstås av alla aktörer. Bergsmän och kemister slutade helt enkelt aldrig att tala med varandra, även om informationen oftast fungerade endast i ena riktningen. I det skapade landskapet användes knappast kemisternas analysresultat. De hantverkare (rostvändare, masmästare etc.) som arbetade där i syfte att utvinna de metaller som hittats i proverna, hade inhämtat kunskap om sammansättning på annat sätt, nämligen genom en lång gedigen hantverkstradition som i huvudsak baserades på kvalitativa omdömen.

På mötesplatserna behandlades således material från det naturgivna landskapet. Resultatet av detta arbete flyttades av bergsmännen till det skapade landskapet och tillämpades där praktiskt, medan kemisterna flyttade resultatet till det mentala landskapet för att åstadkomma en teoretisk beskrivning av vad som skedde. Mineralier fick under denna förflyttning från det naturgivna till det skapade och/eller till det mentala olika betydelser. I det mentala landskapet skedde flera saker. För det första klassificerades enligt noga angivna regler och exakta analytiska bestämmningar var därför en nödvändighet. För det andra utvecklades kemin alltmer efter ideal från experimentalfysiken, vilket dels tog sig uttryck i ökad betoning av kvantitativa mätningar, dels i ett ökat intresse för affiniteten vilket ledde till Bergmans affinitetstabeller. När analysresultatet fördes över till det skapade landskapet hamnade de i stället i ett praktiskt sammanhang där det gällde att utvinna så mycket som möjligt av metallen, vilket skedde med hjälp av en lång tradition av hantverkskunskap. Inte heller behövdes i det skapade landskapet den matematiska exakthet som alltmer blev idealet i det mentala landskapet. Detta av två skäl – för det första på grund av den där förhärskande lokaliteten – varje process var unik och mineralierna var långt ifrån homogena. För det andra krävdes inte vetenskaplig exakthet, det vill säga exakta mängder av ingående substanser vid de storskaliga processer som kännetecknade metallframställningen, medan exakthet blev allt viktigare vid analyser i laboratoriet.

Unikt i förhållandet mellan kemister och bergsmän var de många mötesplatserna. Av vad som skedde på dessa mötesplatser att döma, rådde det

inga uttalade konflikter mellan de två grupperna, utan de många mötesplatserna gjorde ett stort utbyte av information möjligt. I enlighet med den merkantilistiska ideologin skulle vetenskapen också inriktas på att vara praktiskt nyttig, och material att arbeta med för att anknyta till den ideologin fick kemisterna i överflöd på dessa mötesplatser. På det sättet påverkades kemin mycket av bergsvetenskapen. Men allteftersom generaliseringen gjorde sig av med lokala variationer blev dess tillämpbarhet allt mindre. I det sammanhanget är det viktigt att påpeka att de begränsningar det naturgivna landskapet satte för aktiviteter i det skapade landskapet var starkare än de gränser satte upp för det mentala landskapet, och att bergsmännen inte kunde lämna det naturgivna landskapet på samma sätt som kemisten. Bergsmännens handlingar skulle ju ha direkt återverkan på det material han arbetade med – det krävde nyttan. De förstod kemisternas språk, men fann det ointressant. För att knyta an till Galisons resonemang stod bergsmännen och kemisterna här för olika kulturer, för olika sätt att tänka, men de kulturella skillnaderna kunde inte överbyggas i praktiskt arbete. Till det räckte inte den vetenskapliga kulturen.

Kemisten kunde aldrig utöva kontroll över den del av det skapade landskapet där bergsmännen verkade, men de påverkades av det. Bergsbruket influerade kraftigt kemin under 1700-talet till en utvecklad analysteknik, till en förfinad mineralogisk klassificering, och ytterst till teoretiska funderingar kring de processer som var centrala inom bergsbruket. Den uppmuntran av kemin som gjordes i merkantilismens namn ledde dessutom till att kemin fick ett stort utrymme i det vetenskapliga livet i Sverige, och tack vare det skapades den bredd som gjorde det möjligt för några svenska kemister att också skapa sig ett namn i internationella kretsar. Men trots detta, och trots alla de mötesplatser som fanns, och trots en överbryggande retorik skördade kemin sin lagrar enbart i det mentala landskapet. Den lyckades aldrig till bergshandlingen återgålda vad man fått därifrån. Nestorn Sven Rinman får sista ordet:

Man måste ock bekänna att större delen af tryckta Berättelser äro så felaktige, att deras afskrifwande ej skulle löna mödan: och kan man ej utan medömkan och ledsnad läsa, huru oricktiga begrepp blifwit fattade af en och annan, som af Böcker welat lära och underrätta andra i detta ämne, som de sjelfwe icke haft tillfälle att af grunden och uti Werkstäderna lära känna.¹⁴⁴

Summary

Mining and chemistry in Sweden during the 18th century. Utility and science. By Anders Lundgren. This article discusses the relations between the mining industry and chemistry in Sweden during the 18th century. It is argued that, on the whole, miners worked in what is called a "man-made

landscape” and in that way created material goods, whereas the chemists worked in a ”mental landscape” creating scientific theories. Both ”landscapes” had a shared ground in naturally given landscape. Thanks to the institutional organisation of both chemistry and mining, contacts between miners and chemists were frequent and strong. There existed many meeting points (comparable to the ”trading zones” of Peter Galison), all of which circled around analysis. At the meeting points there were very few, if any, conflicts between miners and chemists, and an exchange of experiences and results took place. But the analytical results were used differently and were given different meanings in the two landscapes. In the mental landscape the result of analysis was used to create either mineralogical systems of classification, or, in line with ideals from experimental physics, general laws. In the man-made landscape, miners wanted to get as much metals out of the minerals as possible, and since every process was unique and minerals far from homogenous, the general laws here lost their significance. Chemical theories were simply too crude to answer to the needs of the miners, who demanded local knowledge and local action. That theoretical consensus seldom was reached among chemists also reduced their possibility to influence miners through their science. Chemistry could never control that part of the man-made landscape where miners worked. Nothing changed in the blast-furnace process with the introduction of anti-phlogistic chemistry. So even if, thanks to mercantilist ideology, mining heavily influenced chemistry during the 18th century, chemistry could never pay back to mining what mining had given it.

Noter

1. Mary Weeks: *Discovery of the elements*, 7th ed. compl. rev. (Easton, 1968); Per Eng-hag: *Encyclopedia of the elements* (Weinheim, 2004). Ingen av dessa texter diskuterar hur definitionen av ett grundämne har varierat genom århundradena.

2. Det är visserligen sant att Carl Gustaf Mosander isolerade fyra grundämnena i mitten av 1800-talet, vilket gör att statistiken ser annorlunda ut, men dels var Mosander ”enbart” analytiker, och skydde teoretiska diskussioner. De element han isolerade, lantan, didym, erbium, terbium (några av dem skulle senare visa sig bestå av ytterligare grundämnena), väckte inte heller på grund av sina stora kemiska likheter något större vetenskapligt intresse, särskilt i en tid när teorier om de organiska ämnens struktur stod längst fram i forskningsfronten. Därtill saknade de ekonomiskt värde. Mosander verkade som lärare vid farmaceutiska institutet, och hade

aldrig någon akademisk position, se Anders Lundgren: ”Carl Gustaf Mosander”, *Svenskt biografiskt lexikon* 25 (Stockholm, 1987), 739–742.

3. Se även Karin Johannisson: ”Naturvetenskap på reträtt. En diskussion om naturvetenskapens status under svenskt 1700-tal”, *Lychnos* 1979–80, 107–154.

4. För en närmare diskussion kring blåsröret se Anders Lundgren: ”Vetenskap som vardagspraktik. Artefakter och dagligt arbete i ett kemiskt laboratorium under 1700- och 1800-talen”, i Sven Widmalm (red.): *Artefakter. Industrin, vetenskapen och de tekniska nätverken* (Hedemora, 2004), 189–216.

5. En äldre, men sakrik framställning finns i Hugo Olsson: *Kemiens historia i Sverige intill år 1800*, *Lychnos-Bibliotek* 17:4 (Stockholm, 1971).

6. Jag har tidigare behandlat detta i ”Bergshantering och kemi i Sverige under 1700-

talet”, *Med hammare och fackla* 24 (1985), 89–124, men anser nu att några av de slutsatser jag då drog inte längre håller.

7. Sven Rinman: *Åminnelse-Tal öfver[...] Axel Fred. Cronstedt* (Stockholm, 1766), 5 f. Att tillverka mediciner var en gammal uppgift för medicinen. Vad detta hade för betydelse för kemins utveckling kommer dock inte att diskuteras här.

8. Detta bekräftas av en genomgång av de biografiska uppgifterna i Joh. Ax. Almquist: *Bergskollegium och bergslagsstaterna 1637–1857. Administrativa och biografiska anteckningar*, Meddelanden från Svenska Riksarkivet, n.s. No. 2:3 (Stockholm, 1909).

9. Detlof Heykensköld: *Anmärkingar vid Bergs-Handteringens åskilliga öden och omväxlingar* (Stockholm, 1768), 10. Finering och garing är metoder att rena silver respektive koppar.

10. Samtidigt inrättades en professur i fysik, men professorn där fick nöja sig med två rum i en befintlig byggnad; om det nya kemiska laboratoriet och dess anpassning till upplysningens nyttokrav se Hjalmar Fors, ”J. G. Wallerius and the laboratory of enlightenment” i E. Baraldi, H. Fors & A. Houtz (red.): *Taking place. The spatial contexts of science, dechnology and business* (Sagamore Beach, 2006), 3–33.

11. Johan Gottschalk Wallerius: *Bref Om Chemiens Rätta Beskaffenhet, Nyttå och Wårde* (Stockholm, 1767), 27–33.

12. Henrik Schück (utg.): ”Torbern Bergmans självbiografi”, *Uppsala universitets Årsskrift* 1916, 89.

13. *Ibid.*, 90.

14. Per Jacob Hjelm: *Åminnelse-Tal öfver [...] Torbern Olof Bergman* (Stockholm, 1786), 43.

15. *Om Metallernas Wårde sig imellan, hwaraf bewises, at de ådle Metallerne åro grunden till all Wesel-Cours* (Stockholm, 1761); *Om Myntwåsendet, och Svenska Silver-Penningars råtta Wårde emot hwarannan* (Stockholm, 1761, ny. uppl., 1765).

16. Jan Gottlieb Gahn: *Några anmärkingar i svenska bergslagfarenheten om författningar till befråmjande af god hushållning vid järnhyttor* (Uppsala, 1770); Per Jacob Hjelm: *Academisk afahndling i svenska bergs-lagfarenheten om egande rätt till malmstråk och grufvor* (Uppsala, 1771). För bägge avhandlingarna presiderade adjunkten i statsrätt, Pehr Niclas Christiernin.

17. Gahn till Bergman, 12.1.1775, Johan Gottlieb Gahn: *Brev* 2, utgivna med kommentarer av Jan Trofast (Lund, 1994), 84.

18. *Handlingar, angående Bergslagerne i Riket, och Theras närwarande Tilstånd* (Stockholm, 1768), 66. Handlingarna utgör tryckta protokoll från sammanträden i Bergskollegium.

19. *Om Stora Kopparbergs Grufvas forna och nu warande tilstånd, Samt Om nödvåndigheten af någon förmedling uti afgifterne, som til Kronan af detta werk warda erlagde uppgiwt wid Riksdagen År 1769* (Stockholm, 1769).

20. *Till Kongl. Maj:t, thess och Riksens Bergs-Collegii underdånige berättelse om Bergslagernes och Bergwerkens tilstånd: Afgifwen til 1771 års Riksdag* (Stockholm, 1771), 5–10.

21. Karin Johannisson: ”Det sköna i det vilda. En aspekt på naturen som mänsklig resurs”, i Tore Frängsmyr (red.): *Paradiset och vildmarken. Studier kring synen på naturen och naturresurserna* (Stockholm, 1984), 15–81.

22. Jag använder här den traditionella termen ”upptäcka” även om innebörden i att ”göra en upptäckt” är långt ifrån entydig och även om distinktionen mellan ”upptäckt” och ”upppfinning” skulle vara värd en längre diskussion än vad som här är möjligt.

23. I senare vetenskapshistorisk forskning har detta intresse för det materiellas betydelse gett upphov till en antologi som Lorraine Daston (red.): *Things that talk. Object lessons from art and science* (New York, 2004), vilken, oberoende av den mindre lyckade metaforen [sic!] i titeln, pekar på det faktum att, undersökningsobjektet många gånger, genom vad det har att förmedla till iakttagaren, sätter en gräns för vilka tolkningar som är möjliga.

24. Den filosofiskt ontologiska frågan om landskapets (”verklighetens”) egentliga natur är inte intressant i detta sammanhang, och var det definitivt inte för 1700-talets kemister, och om möjligt ännu mindre för de som brukade gruvorna.

25. Jag kommer inte att behandla de mentala föreställningar som brukar samlas under etiketten ”folklore”, även om likheterna mellan dem och de vetenskapliga teorierna ibland kunde vara nog så påtagliga, och även om denna ”folklore” i sig vore ett intressant studieobjekt, där vi inte automatiskt kan utgå

från att den vetenskapliga uppfattningen på något sätt skulle vara "riktigare". Sådana föreställningar var allmänt kända, också bland kemister, under 1700-talet, jfr "Anmärkningar rörande den Mystiske Naturkungheten af framledne [A. F.] Cronstedt uti brevväxling med framledne [...] Baron Tilas för år 1758", *Bergs-Journal för månaderna Julius, Augustus, Septemb. År 1787*, 71–107.

26. Detlog Heyke: *Tal om Bärghs-Hushållningen i Gemen* (Stockholm, 1759), 4.

27. En modern undersökning över Bergskollegium saknas, se dock Svante Lindqvist: *Technology on trial: The introduction of steam power technology into Sweden, 1715–1736* (Uppsala, 1984), 95–107; äldre men informationsrik är Almquist: *Berskollegium och bergslagsstaterna* (1909).

28. Sven Rinman: *Bergwerks Lexicon* 3, (Stockholm, 1789), 323; jfr Almquist: *Berskollegium och bergslagsstaterna*, 38–42.

29. Sten Lindroth: "Urban Hiärne och Laboratorium Chymicum", *Lychnos* 1946–47, 51–116.

30. T.ex. George Brandt: "Acta Laboratorii Chymici", KVAH 2 (1741), 49–63; idem: "Continuation af Actis Laboratorii Chymici" KVAH 4 (1743), 89–105, samt flera senare artiklar av Brandt.

31. Eric von Stockenström: *Tal om svenska Järn-Bruksnäringen samt om Jern-Contoiret* (Stockholm, 1767), 29.

32. Standardverket över Jernkontoret är den mäktiga Bertil Boëthius & Åke Kromnow: *Jernkontorets historia. Minnesskrift*, 1–3, 5 vol. (Stockholm, 1947–68).

33. Eric von Stockenström: *Tal om svenska Järn-Bruksnäringen*, 33.

34. Åke Kromnow: "Övermasmästarämbetet under 1700-talet (1751–1805)", *Med hammare och fackla* 9 (1938), 15–99, 10 (1939), 32–9.

35. Sten Lindroth: *Kungl. Svenska vetenskapsakademiens historia 1739–1818*, 1–2 (Stockholm, 1967).

36. Det skall dock noteras att medel till professurerna inte tilldelades universitetet. Medel skulle tas från en tänkt nedläggning av en professur i våltalighet, en nedläggning som dock aldrig kom till stånd, vilket ledde till att professuren i kemi hade mycket små medel till sitt förfogande, se Claes Annerstedt: *Uppsala universitets historia III:1* (Uppsala, 1913), 265–277.

37. Anders Lundgren: "The new chemistry in Sweden. The debate that wasn't", *Osiris*, 2nd series, Vol. 4, (1988), 146–168.

38. Peter Galison: "Trading zone. Coordinating action and belief", i Mario Biagioli (red.): *The science studies reader* (New York, 1999), 137–160.

39. Svensk idéhistoria har ofta, alltför ofta, och syns det mig nästan slentrianmässigt, beskrivit nya lärorens uppdykande *a priori* i termer av stridigheter och gräl, det må gälla kopernikanism, cartesianism, darwinism eller något annat. Jag tror att denna betoning av "bataljer", "gräl", "strider" har skymt mer än den förklarar när det gäller att beskriva förändringar i idélivet. Olika vetenskapliga uppfattningar kan faktiskt också leda till konstruktiva dialoger!

40. Rinman: *Bergwerks Lexicon* 3, 321

41. Jag kommer i fortsättningen att använda termen "mötesplatser" även om det är en diskutabel översättning, men mötesplatser skall ses som platser där det sker utbyten av olika slag.

42. Marie Nisser: "Sven Rinman", *Svenskt biografiskt lexikon* 30 (Stockholm, 1998–2000), 212–219.

43. J. G. Wallerius: *Mineralogia eller mineralriket* (Stockholm, 1747), 253–274; A. F. Cronstedt: *Försök till en mineralogie eller Mineralrikets Upställning*, Andra uplagen förbättrad, (Stockholm, 1781), 209–223; Torbern Bergman: *Sciagraphia regni mineralis, secundum principia proxima digesti* (Londini, 1783), 121–128.

44. J. J. Berzelius: *Om blåsrörets användande i kemien och mineralogien* (Stockholm, 1820), 174–181.

45. Jfr Anders Lundgren: "The chemical revolution. Anders Gustaf Ekeberg, the antiphlogistic chemistry and the Swedish scene", i B. Bensaude-Vincent & F. Abbri (red.), *La-voisier in context. Negotiating a new language for chemistry* (Canton, MA, 1995), 25.

46. Bruno Latour har, fast utan att använda begreppet landskap, i en studie av utforskningen av jord och skog i Amazonas, hävdad att en sådan omvandlingsprocess skall ses som kontinuerlig, "Circulating references. Sampling the soil in the Amazon forest", i *Pandora's hope. Essays on the reality of science studies* (Cambridge, 1999), 24–79.

47. Eric Stockenström: *Bergsmanna-Näringens nytta och skötsel* (Stockholm, 1749), 13 (kurs i original).

48. Detlof Heykensköld: *Anmärkningur vid Bergs-Handteringens åskilliga öden*, 14.
49. Gustav von Engeström: *Tal om Mineralogiens hinder och framsteg i senare åren* (Stockholm, 1774), 16 (min kurs.).
50. Johan af Bierchén: *Åminnelstal öfver [...] Daniel Tilas* (Stockholm, 1772), 8.
51. Samuel Sandels: *Åminnelstal öfver [...] Daniel Tilas* (Stockholm, 1773), 14.
52. Berzelius: *Om blåsrörets användande i kemien*, förord.
53. Sten Lindroth: *Grubbrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget intill 1800-talets början*, vol 2, (Uppsala, 1955), 361.
54. J. O. Rosenberg: *Lärobok i oorganisk kemi* (Stockholm, 1892), 482.
55. Rinman: *Bergwerks Lexicon* 2, 578, 588.
56. Axel Bergenstierna: *Anvisning til Gulds och Silfvers Proberande, skedande, raffinering samt fördelaktiga återbringning utur lösningsmedel och kratser* (Stockholm, 1772), 21. Enligt SAOB är kratz ”avfall av olika slag som kunna tillgodogöras för utvinande av metallinnehållet”.
57. Torbern Bergman: *Åminnelstal öfver [...] Anton von Swab* (Stockholm, 1768), 25.
58. Rinman: *Bergwerks Lexicon* 3, 323.
59. Jfr Lundgren: ”Bergshantering och kemi i Sverige under 1700-talet”.
60. Daniel Tilas: *En Bergsmans Rön och Försök i Mineralriket* (Stockholm, 1738), 33 f.
61. Bergman: *Åminnelstal öfver [...] Anton von Swab*, 48.
62. Anders Jahan Retzius: ”Förord”, i Gustaf von Engeström: *Beskrifning på ett Mineralogiskt Fick-Laboratorium och i synnerhet nyttaf af Blåsröret uti Mineralogien* (Stockholm, 1773).
63. Engeström: *Beskrifning på ett Mineralogiskt Fick-Laboratorium*, 42.
64. *Ibid.*, 30.
65. J. J. Berzelius: *Försök att genom användandet af den electrokemiska teorien och de kemiska proportionerna grundlägga ett rent vetenskapligt system för mineralogien* (Stockholm, 1814), 29.
66. Walleriu: *Mineralogia, eller mineralriket*, 273.
67. *Ibid.*, 286.
68. Sven Rinman: ”Anmärkningur Angående Järnhaltiga Jord- och Sten-Arter”, KVAH 15 (1754), 282–297.
69. Rinman: *Bergwerk Lexicon* 3, 148.
70. Johan Gottschalk Wallerius: *Tal om nödig jämförelse emellan de kemiska undersökningar, och naturens verkningar* (Stockholm, 1783), 5 f.
71. Per Jacob Hjelm: *Inträdes-Tal om Metboden uti Chemien och Dess Vissbet* (Stockholm, 1785), 42.
72. Berzelius: *Försök att genom användandet af den electrokemiska teorien*, 10.
73. Daniel Tilas: *En Bergsmans Rön och Försök*, 6.
74. *Ibid.*, 14.
75. Märten Triewald: ”Tanckar om Malmletande, i anledning af löse gråstenar”, KVAH 1 (1740), 190–193.
76. Wallerius: *Mineralogia, eller mineralriket*, företal, 2.
77. Lindroth: *Grubbrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget* vol 1, 437.
78. Til Kongl. Maj:t thess och Riksens Bergs-Collegii Underdånige Berättelse, om Bergslagernes och Bergwerkens tillstånd: *Afgifwen til 1771 års Riksdag* (Stockholm, 1771), 5–7.
79. Lindroth: *Kungl. Svenska vetenskapsakademiens historia* 2, 382, 390 ff.
80. Detta tema utvecklas i Lundgren: ”Bergshantering och kemi i Sverige under 1700-talet” men jag överbetonade då de mineralogiska systemens betydelse för praktiskt bergsbruk.
81. Stockenström: *Bergsmanna-Näringens nytta och skötsel*, 8.
82. Torbern Bergman: *Anledning til föreläsningar öfver chemiens beskaffenhet och nytta, samt naturliga kroppars almännaste skiljaktligheter* (Stockholm, 1779), 25 (kurs. i original).
83. Gustav von Engeström: *Tal om vissa svårigheter och andra omständigheter, som möta vid utöfvandet af Chymien*, Stockholm, 1782), 2 f.
84. *Ibid.*, 9.
85. *Framledne directeuren herr H.T. Scheffers Chemiske föreläsningar, rörande salter, jordarter, metaller, vatten, fetmor och färgning; med anmärkningur utgifne af T[orbern] B[ergman]*. (Uppsala, 1775), 347.
86. Axel Fredrik Cronstedt: *Åminnelstal öfver [...] Henric Theoph. Scheffer* (Stockholm, 1760), 10. För en utförligare diskuoion om förhållandet mellan experimentalfysik

och kemi se Lundgren, "The new chemistry in Sweden".

87. Mycket tydligt hos Wallerius: *Bref Om Chemiens Rätta Beskaffenhet*, 5 f.

88. Göran Vallerius: *Tal emellan Mathesin och Physiquen om deras verkan och nytta uti Bärags-Väsendet* (Stockholm, 1747), 12. Observera att med Vallerius språkbruk är "Mathesin" lika med "ren vetenskap" och "Physiquen" lika med "applicatas".

89. Bergman: *Anledning til föreläsningar öfver chemiens beskaffenhet*, 1 f.

90. *Ibid.*, 63.

91. Engeström: *Tal om vissa svårigheter och andra omständigheter*, 1.

92. *Ibid.*, 5.

93. Inte minst Torbern Bergman hade en vidsträckt utländsk korrespondens, se Lindroth: *Kungl. Svenska vetenskapsakademiens historia*, vol 1, 539–542; Göte Carlid and Johan Nordström (red.): *Torbern Bergman's foreign correspondence*, Lychnos-bibliotek, 23:1 (Stockholm, 1965).

94. Lundgren: "The new chemistry in Sweden".

95. Jan Trofast: *Johan Gottlieb Gahn. En bortglömd storhet, 1745–1818* (Lund, 1996).

96. Gahn till Bergman 28.11.71 och 12.1.75, Gahn: *Brev* 2, 41, 84; Gahn till Johan Carl Wilcke 6.2.1791, *ibid.*, 285.

97. Lindroth: *Grubbrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget*, vol 2, 203.

98. Gahn till Bergman, 12.6.1771, Gahn: *Brev* 2, 39.

99. *Loc. cit.*

100. Jfr om alutillverkning i Hjalmar Fors: *Mutal favours. The social and scientific practice of eighteenth-century Swedish chemistry* (Uppsala, 2003) 105–136.

101. Engeström: *Tal om vissa svårigheter och andra omständigheter*, 5.

102. Detlof Heijkenskiöld: *Anmärkingar vid Bergs-Handteringens åstkilliga öden*, 17.

103. Samuel Sandel: *Åminnelse-Tal öfver [...] Daniel Tilas* (Stockholm, 1773), 12.

104. Bergman: *Åminnelse-Tal öfver [...] Anton Swab* (Stockholm, 1768), 15 f.

105. Samuel Sandel: *Åminnelstal öfver [...] Emanuel Swedenborg* (Stockholm, 1772), 13.

106. Johan af Bierchén: *Åminnelstal öfver [...] Daniel Tilas* (Stockholm, 1772), 6–8 (kurs. i original).

107. Bergman: *Anledning til föreläsningar öfver chemiens beskaffenhet*, 28.

108. Gunnar Eriksson: "Motiveringar för naturvetenskap. En översikt av den svenska diskussionen från 1600-talet till första världskriget", *Lychnos* 1971–72, 121–170.

109. *Academisk Afhandling i Svenska Bergs-Lagfarenheten om Grufve-Brytning i Sverige, under Christer Berchs inseende, til allmänt ompröfvande framställd af Anton Swab* (Uppsala, 1780), 3 (min kurs.).

110. *Kongl. Maj:ts förnyade Masmästare Ordning* (Stockholm, 1766), 2.

111. Bergman kallar också proberkonsten för en vetenskap, *Anledning til föreläsningar öfver chemiens beskaffenhet*, 25.

112. Rinman till Gahn 8.7.1774, Gahn: *Brev* 2, 230.

113. Rinman till Gahn 29.7.1774 och 30.10.1775, *ibid.*, 232, 240.

114. Rinman till Gahn 11.12.1790, *ibid.*, 255.

115. Jfr Lindqvist: *Technology on trial*, 83–86.

116. Anders Smältare: "Rön Vid Formans Ställning til Sulu-Smältningarna", *KVAH* 10 (1749), 183–187.

117. Eric Svedenstierna: "Företal", *Jernkontorets Annaler* 1817.

118. Argumentet har, tyvärr, under lång tid "förpestat" debatten om förhållandet mellan "teknik" och "vetenskap".

119. Daniel Ekström: *Tal om Järn-förädlingens nytta och vårdande* (Stockholm, 1750), 19.

120. Sven Rinman: *Försök till Järnets Historia med Tillämpning för Slögder och Handtwerk* 1, (Stockholm, 1782), 14.

121. För diskussionerna kring affiniteten se My Gyung Kim: *Affinity, that elusive dream. A genealogy of the chemical revolution* (Cambridge, 2003); Om Torbern Bergman och vetenskaperna se Marco Beretta: *The enlightenment of matter. The definition of chemistry from Agricola to Lavoisier* (Canton, MA., 1993).

122. Bergman: *Tal, om Chemiens nyaste framsteg* (Stockholm, 1777), 26. Talet är ett stort lovligt till kemins mångsidiga nytta.

123. *Ibid.*, 37.

124. Bergman: *Anledning til föreläsningar öfver chemiens beskaffenhet*, 6.

125. Mina pågående studier kring den kemiska industrins utveckling under slutet av 1800-talet pekar entydigt i samma riktning.

126. Per Jacob Hjelm: *Ånimmelse-Tal öfver [...] Torbern Olof Bergman*, 54.

127. Beskrivet av Lindroth: *Grubvrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget*, vol 2, 190–192; observera att frågan om den vetenskapliga metallurgin upptar endast två sidor i detta sammanlagt 900 sidor tjocka verk.

128. Flogistonteorin har inte ännu fått en modern framställning. Alltför ofta har man nöjt sig med att konstatera att den var fel, och i första hand intresserat sig för dess fall, vilket satts liktydigt med den moderna kemins födelse. Det följande resonemanget skall därför ses som preliminärt. Jag tror dock att man övertygande kan argumentera för att det var flogistonteorin som markerade den moderna kemins födelse (om man nu nödvändigtvis vill använda sådana termer).

129. Man bör undvika desperata försök att ”rädda” den svenska 1700-talskemin genom att sätta likhetstecken mellan flogiston och valenselektroner, eftersom sådana försök fördunklar mer än de förklarar, jfr Olsson: *Kemiens historia i Sverige*, 233; Ingvar Lindqvist: *Torbern Bergman och flogistonteorin*, KVA Levnadsteckningar 186 (1984). Scheele och Bergman var tillräckligt prominenta vetenskapsmän i sig och behöver inga sådana missriktade försök till ”äreräddning”.

130. Bakom detta kunde dölja sig tankar som att flogiston hade mindre specifik vikt än luft, vilket skulle förklara viktökningen när flogiston vid förbränning avlägsnades från en metall. Jfr Rinman: *Bergwerks Lexicon* 3 (1789), 254. Även om vi uppfattar förklaringen som felaktig, var den under 1700-talet både möjlig och rationell.

131. Se närmare Olsson: *Kemiens historia i Sverige*, 222. Detta är den teoretiska bakgrunden till studiet av wolfram- och molybdensyror under 1700-talet.

132. *Ibid.*, 334–348.

133. Med detta menar jag *inte* att ”dödstöten” gentemot flogistonteorin utdelades enbart av Lavoisiers vägningar, eller ens bara av vägningar, eller bara av upptäckten av syre (Scheele förklarade sin teori att luften bestod av två olika gaser helt i flogistiska termer – liksom Joseph Priestley). Ett teoriskifte inom vetenskaperna är ett betydligt mer komplicerat och mångfacetterat fenomen än att det förklaras med ett enskilt experiment eller med en enstaka vetenskapsmans insatser.

134. Lindroth: *Grubvrytning och kopparhantering*, vol 2, 189.

135. Lindroth: *Christopher Polhem och Stora Kopparberget* (Uppsala, 1951), 168–170.

136. Johan Carl Garney: *Handledning uti svenska masmästeriet* 1 (Stockholm, 1791), 65 f.

137. Nils Björkenstam: ”Sven Rinman – i bergshanteringens tjänst”, *Eskilstuna museer årsbok* 1992, 19 f. Björkenstams artikel är dock mer av en devot hagiografi, och dess källvärde skall tas med försiktighet.

138. Lindroth: *Grubvrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget*, vol 1, 527. En sylta är den blandning av malm, jord, lera och annat som bildas som restprodukt vid själva brytningen.

139. *Ibid.*, 453.

140. [Eric] S[vedenstiern[a]: ”Om rätta förståndet af orden Teori och Praktik, lämpade till åtskilliga grenar af Bergsvettenskapen”, *Samlingar i Bergsvettenskapen* 1 (1806), 172.

141. *Samlingar i bergsvettenskapen* 2 (1807), 265.

142. *Jernkontorets Annaler* 1817, 92, 154.

143. Victor Eggertz: *Åsikter rörande den svenska Bergs-undervisningen* (Stockholm, 1874), 24.

144. Rinman: *Försök till Järnets Historia*, 897.