

Anders Lundgren  
Kvalitativ exakthet och avancerad lågteknologi.  
Om lukt, smak och hantverk i kemi

kapitel 3 ur boken  
Ingemar Pettersson & Daniel Normark (red.)  
*Sinnen i arbete*

Arkiv förlag 2025  
Pandoraserien XXXIII

FÖRSLAG PÅ KÄLLANGIVELSE:

Lundgren, Anders (2025) "Kvalitativ exakthet och avancerad lågteknologi. Om lukt, smak och hantverk i kemi", i Ingemar Pettersson & Daniel Normark (red.), *Sinnen i arbete*, s. 79–100, Lund: Arkiv förlag, <https://doi.org/10.13068/9789179243968>.

Det här kapitlet ur en e-bok från Arkiv förlag distribueras fritt över internet genom *open access*. Titeln finns också tillgänglig i tryckt utgåva med ISBN: 978 91 7924 395 1.

Verket är upphovsskyddat enligt en upphovsrättslicens från Creative Commons: Erkännande-Ickekommersiell-IngaBearbetningar, som medger ickekommersiell användning och spridning i oförändrat skick så länge källan anges.

Arkiv förlag · Box 1559 · 221 01 Lund · BESÖK Stora Gråbrödersgatan 17 a  
046-13 39 20 · [arkiv@arkiv.nu](mailto:arkiv@arkiv.nu) · [www.arkiv.nu](http://www.arkiv.nu)

© Författarna/Arkiv förlag 2025  
E-boksutgåva (PDF) 2025

Beständig länk till hela boken: <https://doi.org/10.13068/9789179243968>

ISBN: 978 91 7924 396 8

ISSN: 1404-000X



### 3. Kvalitativ exakthet och avancerad lågteknologi. Om lukt, smak och hantverk i kemi

ANDERS LUNDGREN

Tar man del av texter och arbeten i kemi genom tiderna blir det mycket tydligt att kemister alltid levt med en vardaglig intuitiv ”sunt förnuft”-tro på möjligheterna att få kunskap om vår omvärld med hjälp av sinnen. Inom kemin, liksom inom andra naturvetenskaper, arbetar man med empiriska observationer och slutsatser utifrån dessa, men kemin har genom historien i ovanligt stor utsträckning associerats med just sinneskunskap, och det i sådan grad att framför allt synsinnen har blivit ikoniskt för kemisten. Ska en typisk kemist avbildas håller hon eller han i regel upp ett provrör eller en kolv med en färgad vätska mot ljuset och tittar allvarligt på den, eller tittar intensivt på en bubblande destillationskolonn, medan en fysiker i regel porträtteras framför en svart tavla full med matematiska formler. Men alla sinnen var involverade i kemistens arbete, även smak och lukt, även om de inte har blivit lika ikoniska som synen.

Lukt och smak har inte diskuterats i någon större utsträckning inom vetenskapshistorien. Det har också hävdats att lukt och smak förlorade mycket av sin betydelse från början av 1800-talet.<sup>1</sup> Kanske har de uppfattats som alltför subjektiva och inte tillräckligt vetenskapliga. Men lukt och smak har fortfarit att vara så närvarande och så betydelsefulla att vi måste ta den kunskap dessa sinnen ger på allvar och ge dem deras rättmätiga plats i historien.

Det här kapitlet handlar om sinneskunskapens roll inom vetenskapen kemi, med fokus på lukt och smak. Först diskuterar jag vilka uttryck

---

Förutom redaktörerna och de andra deltagarna i antologin vill jag tacka Evan Melhado och Armel Cornu för synpunkter på min text.

smak och lukt tagit sig i kemiska texter, speciellt beskrivningarnas kvalitativa drag och deras vetenskaplighet, sedan luktens och smakens funktioner i det konkreta dagliga arbetet i ett kemiskt laboratorium. Jag kommer också att utifrån läroböcker i kemi, vetenskapliga artiklar och korrespondens från framför allt 1800-talet diskutera hur den kvalitativa hantverkskaraktern hos väsentliga delar av den kemiska kunskapen har påverkat hur dessa kunskaper lärs ut och sprids.

I kemins historia möter man omedelbart lukt och smak. I form av ångor och odörer har de alltid varit ofrånkomliga – ett laboratorium som inte luktar tycks vara en självmotsägelse. Lukt och smak spelar en viktig roll i kemin trots att dessa sinnen i regel betraktas som subjektiva och omöjliga att beskriva i ord – ”man kan inte förvänta sig att en vetenskapsman ska kunna beskriva smaken av en soppa”, som Einstein påstås ha sagt för att understryka att vetenskapen inte ska befatta sig med sinnlig subjektivitet.<sup>2</sup> Lukt och smak kan inte heller förvandlas till ”objektiva” bilder med färggranna provrör och bubblande kolvar, utan blir snarare föremål för satir och ogillande.

Men lukt och smak var en integrerad del av allt arbete i kemin och var närvarande redan från den första undervisningen. Den tyske kemisten Herman Kolbes laboratorium i Marburg på 1850-talet har beskrivits som fullt av giftiga ångor, men också som ett utmärkt undervisningslaboratorium.<sup>3</sup> En elementär lärobok från 1915 ber studenterna att som första experiment, för att lära sig något om vad kemin går ut på, ”smaka försiktigt på ett stycke soda”, lösa upp det i vatten, avdunsta vattnet och smaka på kristallerna – för att finna samma smak. Sedan skulle studenterna ”smaka försiktigt på utspädd saltsyra”, blanda sodalösningen med saltsyrelösningen, avdunsta och smaka på kristallerna – och upptäcka att smaken hade förändrats.<sup>4</sup> Syftet med dessa enkla försök var att visa att kemiska reaktioner alltid medför förändringar i ämnens egenskaper samt att egenskaperna hos en förening är andra än hos dess beståndsdelar. Detta var givetvis en truism för varje kemist, men det glöms lätt bort att smak och lukt genom tiderna alltid varit viktiga markörer för att konstatera skillnader mellan olika substanser.

## En kvalitativ kemi

Lukt och smak beskrevs i kvalitativa termer. Det går att urskilja tre kategorier av sådana beskrivningar. I den första kategorin jämfördes kemiska substanser med matvaror eller andra dagligvaror ur det närlig-

gande hushållet. Att selen luktar rutten rättika var ett vedertaget faktum, med ursprung i Berzelius beskrivning av det av honom upptäckta ämnet, som när det upphettas ”brinner [...] med azurblå låga och utsänder en genomträngande rättikluk”.<sup>5</sup> En annan kemist talar om en ”stark rättikluk af selen”.<sup>6</sup> Ganska snart omvandlades denna lukt till rutten rättika, så att selenoxid för vissa kemister ”luktar likt skämda rättikor”<sup>7</sup> och selensyrlighet likt ”ruttna rättikor”.<sup>8</sup>

Härsket smör, gammal fisk eller ost, fotsvett och ruttna ägg var vanligt förekommande matvaror och naturprodukter i kemiska texter. Men även angenämare lukter nämndes. Den tyske kemisten Friedrich Wöhler löste upp koagulerad äggvita i vatten, värmdet till 150 grader och fann att lösningen ”luktar och smakar som sås till kalvstek [*Kalbsbraten Sauce*]”.<sup>9</sup> Angenäma var också de blom- och fruktdoftor som förekom. I en lärobok från 1865 förklaras att rosenolja innehåller den flyktiga oljan eleopten, vilken ger rosenoljan den ”egendomliga lukten af rosor”, medan valeriansyra och liknande syror har en ”angenäm lukt af äpplen, päron, ananas osv”.<sup>10</sup>

I den andra kategorin användes lukt och smak för att ge identitet åt en viss grupp substanser. Exempelvis kunde järnsalter ha en ”kärf, bläckartad smak”, zinksalter en ”vidrig metallsmak”, blysalter en ”äckligt söt, efteråt sammandragande smak”, kopparsalter en ”kärf metallsmak”, kvicksilversalter ”en oangenäm metallsmak” och silversalter ”metallisk smak”.<sup>11</sup>

I den tredje kategorin, om ingenting i det dagliga livet fungerade som referens, kunde en substans sägas ha en ”egen” eller ”karaktäristisk” lukt. Denna kunde sedan användas som referens för andra substanser, som när Wöhler 1843 efter en första analys av alkaloiden chinoyl jämförde den med den kända doften av cyan: ”dess lukt är slående lik cyans”.<sup>12</sup> Wöhler konstaterade också att ”Opiansäure” vid förbränning luktar som ”Narcotin”. Detta, tillsammans med iakttagelsen att ”Narcotin” und Opiansäure” vid uppvärmning avger samma egendomliga lukt, fick honom senare att dra slutsatsen att syran ”i bunden form redan fanns i narkotin”.<sup>13</sup> Ett sista exempel är att Olof Hammarsten, professor i fysiologi, 1904 konstaterade att vid upphettning av hippursyra fås ”en egendomlig kumarinartad lukt [...] vid starkare upphettning fås lukt av blåsyra och bittermandelolja”.<sup>14</sup>

I detta myller av beskrivningar av lukter och smaker kan många tyckas banala och onödiga, som att när svavel brinner formas svaveldioxid och känns en stark lukt av brinnande svavel.<sup>15</sup> Eller som i *Kemiskt handlexikon* (1883), som tillskriver bittermandelolja ”en stark lukt av blåsyra

[cyanväte]” och trettio sidor senare konstaterar att cyanväte har en ”stark, döfvande bittermandellik lukt”.<sup>16</sup> Terminologin kan tyckas inkonsekvent, oprecis och föga vetenskaplig, som när arsenik sägs lukta ”vitlök” eller ha en lukt ”liknande vitlök”, ”påminnande om vitlök”,<sup>17</sup> samtidigt som fosfor också kunde ha en lukt ”liknande vitlök”. Men arsenik kunde också lukta ”lök” eller ha en lukt ”liknande lök”. Ibland kan beskrivningarna te sig näst intill absurda, som när kaprinsyra 1850 sades ”lukta [...] af bock” eller när var femtio år senare beskrevs som en ”gulgrå eller gulgrön, till utseende gräddlik massa, af svag lukt och en fadd sötaktig smak”.<sup>18</sup>

Men all denna kvalitativa information var del av en väsentlig vetenskaplig kunskap. Alla exemplen ovan återfinns i framställningar med vetenskapliga anspråk. De är tagna ur vetenskaplig korrespondens och seriösa läroböcker, skrivna i undervisningssyfte av erfarna och i sin samtid välkända kemister. Per Theodor Cleve, som låg bakom *Kemiskt handlexikon*, var professor i kemi i Uppsala och en av Sveriges främsta kemister. Olof Hammarsten var internationellt känd professor vid Uppsala universitet och hans läroböcker i fysiologi översattes i flera upplagor till tyska. Allt detta pekar entydigt på att den kvalitativa terminologin för lukt och smak måste tas på allvar.

## Kvantitativa ideal inom kemin

Trots att smak och lukt har varit så framträdande inom kemin tycks detta inte i någon större utsträckning ha diskuterats av historiker. Det kan finnas många skäl till det. Ett är att den sinnenas hierarki som i det västerländska samhället värderar syn och hörsel högst har lett till ett ointresse för smak och lukt, något som i stället många antropologer har intresserat sig för.<sup>19</sup>

Viktigare torde dock vara att kvantifiering av tradition och hävd har betraktats som det mål vetenskapen strävar efter. Med lord Kelvins ord: ”När du kan mäta det du talar om och uttrycka det i siffror vet du något om det; men om du inte kan mäta det du talar om, inte uttrycka det i siffror, är din kunskap svag och otillfredsställande”.<sup>20</sup> Lukt och smak tycks intuitivt befinna sig långt från den rationella och matematiska idealbild enligt vilken det som inte kunde formuleras matematiskt inte var vetenskap i strikt mening. När The Svedberg på 1920-talet ville etablera den nya disciplinen kolloidkemi betonade han det kvantitativa, och han ville bygga vetenskapen ”på kvantitativa undersökningar snarare än kvalitativa experiment” eftersom kvalitativa experiment lätt skapar ”mer förvirring än framsteg”.<sup>21</sup> På grund av att lukt och smak ger kunskap som inte

kan uttryckas i matematiska formler har deras vetenskapliga betydelse minimerats. Det är en kunskap som tagits för självklar men som sällan diskuterats av kemisterna själva, och historiker har ofta betraktat den som icke-vetenskaplig och därför mindre intressant. Allt detta kan synas egendomligt med tanke på att kemin i många avseenden är och har varit en kvalitativ vetenskap.

Försök har genom tiderna gjorts att kvantifiera kemin, men utan bestående resultat. Försöken under 1700-talet att tillämpa Newtons matematiska lagar på den kemiska attraktionskraften misslyckades. Om kraften antogs verka mellan en substans minsta delar var det nödvändigt att känna till atomernas form för att kunna beräkna kraften, men enligt kemisten Torbern Bergman var detta principiellt omöjligt eftersom ”inga synglas hjälpa oss at urskilja stam-partiklarnes storlek och figur”.<sup>22</sup>

Ett annat försök att kvantifiera var stökiometrin, läran om förhållandet mellan de mängder kemiska substanser som reagerar med varandra och om förhållandet mellan en substans kemiska beståndsdelar. Matematiken som användes var enkel och utgick från lagen om bestämda proportioner, som säger att viktförhållandet mellan de beståndsdelar som ingår i en kemisk förening är oföränderligt. Dessa förhållanden kunde efter kemisk analys exakt bestämmas med hjälp av en våg, och uttryck som ”en godtycklig mängd” kunde därmed undvikas. Enligt kemisten Johan Olof Rosenberg 1887 blev kemin med stökiometrin en ”verklig vetenskap, jemnbördig med de öfriga naturvetenskaperna”.<sup>23</sup> Men någon algebraisk lag av generell typ, som de newtonska lagarna, formulerades inte inom stökiometrin. Liknande gällde för titrering, där man mätte den volym av en lösning med bestämd styrka som gick åt för att fullständigt utföra en viss reaktion.<sup>24</sup> Lösningen tillsattes droppvis till den lösning som skulle undersökas, och vid det färgomslag som markerade att reaktionen var fullständig mättes den åtgångna volymen. Vid titrering ”*mäter* [man] i stället för att *väga* syrans kvantitet”.<sup>25</sup> Eftersom färgomslaget bestämdes okulärt blev resultatet inte lika exakt som när man använde våg.<sup>26</sup>

## Daglig kvalitativ kemi

Trots det kvantitativa idealet och den ökade användningen av både stökiometri och titrering fortsatte de kvalitativa sinnesobservationerna i form av lukt och smak att vara viktiga i kemin. Detta blir tydligt om man lämnar de vetenskapliga ”genombrotten”, ”revolutionerna” och ”para-

digmskiftena” och istället riktar intresset mot *science-in-use*, *science-in-the-making*, vardagsvetenskap, *Alltagsgeschichte* eller vad man nu väljer att kalla det dagliga vetenskapliga arbetet.<sup>27</sup> Det är i vetenskapens vardag, som utgör nästan all kemi, den omedelbara sinneskunskapen, däribland lukt och smak, har störst betydelse.

Någon exakt definition av kemi finns inte, men genom historien har de flesta kemister uppfattat sin vetenskap som en strävan efter kunskap om varje substans unika egenskaper och om hur dessa förändras under kemiska reaktioner. Nästan alla läroböcker i kemi från 1800-talet inleds med något i stil med ”Kemien är derföre vetenskapen om kropparnas materiella natur, om deras verkliga, innersta differens; ej blott formens, utan sjelfva materiens differens”.<sup>28</sup> Kemin handlade om ”*de företeelser, hvarigenom föremålen väsentligen förändras*”.<sup>29</sup> Kemin hade en beskrivande karaktär, vilket dock inte betyder att den var teorilös, bara att kemiska teorier aldrig nådde samma grad av generalisering som fysikaliska och matematiska. De skulle kunna kallas partikulära teorier: teorier för svavelsyrans bildande eller teorin för den och den substansens sönderfall. Teorierna utgår från de enskilda kemiska ämnenas sammansättning, till skillnad från fysikaliska teorier, vilka ”uppsöker och förklarar de förändringar, hvilka icke [...] hafva sin grund i deras beståndsdelar”.<sup>30</sup> Visserligen var slutmålet för mycken kemi att kvantitativt bestämma olika substansers sammansättning och/eller atomvikt, som den kanske viktigaste delen av deras unika egenskaper, men vägen dit var byggd av omdömen som grundades på kvalitativa observationer där färg, konsistens, yttre struktur samt lukt och smak var centrala inslag.

## Kvalitativ exakthet

Det kvalitativa språket beträffande smak och lukt är anmärkningsvärt eftersom det, trots lukten och smakens till synes stora subjektivitet, finns en välutvecklad gemensam terminologi. Den yttrar sig dels som en gradering av smaker och lukter, dels i användningen av specificerande tillägg som ”måttlig”, ”svag”, ”stark”, ”intensiv”, ”mild”, ”genomträngande” och så vidare. Sådana detaljerade beskrivningar av smak och lukt är ett uttryck för vad som kan kallas en kvalitativ exakthet. Vad gäller färg fanns redan i början av 1800-talet utarbetade förslag på en terminologi med vars hjälp olika nyanser av samma färg skulle skiljas åt. Den tyske mineralogen Abraham Gottlob Werner ansåg att färg som första yttre kännetecken på ett mineral var ”mycket pålitligt för att tillsammans med andra särskilja



de flesta mineraler, brännbara substanser och salter”.<sup>31</sup> Han särskiljer och illustrerar i sina verk bland annat sex sorters blått (indigo, berlinerblått, kväve, kobolt, violett, himmel [*indigo, prussian, azote, smalt, violet, sky*]) och sex sorters grönt (ärg, berg, gräs, äpple, purjolök, kanariefågel [*verdigris, mountain, grass, apple, leek, canary*]) etcetera.<sup>32</sup> I kemisten och professorn Oskar Widmans analysböcker från 1877 nämns på två och en halv sida följande färger: ”gulbrun olja”, ”mörkblå massa”, ”en svart kropp”, ”liknar indigo”, ”praktfullt färgad rödviolett lösning af intensiv färg”, ”praktfullt färgade blå flockar”, ”mörkblåa klumpar”, ”en svart [...] återstod”, ”mörkviolett genomskinligt fast harts”.<sup>33</sup> Överhuvudtaget är adjektivet ”praktfull” för att beskriva olika färgnyanser vanligt inom kemien.

Eftersom smaker och lukter inte på samma sätt som färger kunde återges i tryck behövde de beskrivas med ord. Sådana beskrivningar var ofta detaljerade och exakta. Alkaloiden veratrin kunde ”smaka [...] ytterst brännande”, orsaka kräkningar, i liten dos död och ”framkalla [...] våldsamma nysningar”. Det liknande ämnet colchicin, som länge betraktats som identiskt med veratrin men skilde sig från detta genom att inte väcka ”nysning och [inte smaka] brännande som veratrin”.<sup>34</sup> Att säga som Blomstrand 1877, att brom hade en ”äcklig smak liknande klor” medan jod bara hade en ”smak liknande klor”, angav på samma sätt en viktig skillnad mellan två ämnen.<sup>35</sup>

En sådan kvalificering av sinneskunskapen var vanlig, och den kunde leda till långtgående differentiering och gradering mellan olika smaker och lukter. En lärobok från 1856 skiljer mellan ”ytterst bitter”, ”ganska bitter”, ”föga bitter”, ”svagt bitter”, ”skarp och brännande”, ”angenämt bitter”, ”skarp”, ”mycket bitter”, ”äcklande besk smak”, ”bittersöt” och bara ”bitter”.<sup>36</sup> Lukter kunde också specificeras genom att man lade till flera adjektiv efter varandra. Till exempel angavs mysk ha ”en egendomlig, genomträngande, länge fortfarande lukt och en besk adstringerande, aromatisk, svagt saltaktig smak”.<sup>37</sup> För att beskriva blodlutsalt sattes tre grundläggande smaker samman till en ”bittersöt saltsmak”.<sup>38</sup> I läroböcker långt in på 1900-talet kunde smakskillnader anges med små variationer i ordval, som när syraklorider på 1960-talet sades ha ”obehaglig mycket stickande lukt” och syreanhydrider ”obehaglig stickande lukt, dock ej så utpräglad”.<sup>39</sup>

Den kvalitativa exaktheten är uttryck för en ingående kunskap – och det är en kunskap baserad på direkta observationer med alla sinnen. Den direkta sinneskunskapen var en viktig del av vetenskapen, och den kvalitativa exaktheten gav vetenskaplig status åt observationerna.

## Smak och lukt i praktisk kemi

Kunskapen om lukt och smak var mer än bara en del av beskrivningen av olika kemiska ämnen.

För det första hade lukt och smak en analytisk funktion. Johan Gottschalk Wallerius framhöll redan på 1700-talet att ”öga, lukt och smak” var de viktigaste kemiska analysinstrumenten.<sup>40</sup> När Berzelius av misstag luktat på selenväte och därefter i två veckor inte ens kände lukten av ammoniak som han höll rakt under näsan, hoppades han att ”lukten återkommer, emedan den är ett reagens, som en kemist icke kan umbära”.<sup>41</sup> I undervisningen uppmanades studenterna att konkret använda näsa och tunga vid kemiska experiment för att lära sig ”kropparnes egenskaper och förhållande till hvarandra”, ett mål som endast kunde nås genom ”den kvalitativa kemiska analysen”.<sup>42</sup> På 1910-talet tog Ludvig Ramberg i Lund upp smak som en av ”de egenskaper, vi kunna benämna [...] väsentliga” hos föremål i naturen.<sup>43</sup> Lukten gav kemisten en första viktig och efter omständigheterna mycket säker indikation om vilken substans eller typ av substanser som kunde finnas i ett prov eller som hade bildats under en kemisk reaktion. Den italienske kemisten Primo Levi menade så sent som på 1970-talet, något skämtsamt men med en allvarlig underton, att det vore ett ”elände om en kemist inte hade något luktsinne”.<sup>44</sup>

En andra funktion var den heuristiska. Kände kemisten en ny lukt, eller lukten av ett ämne som enligt förväntningarna inte borde finnas där, kunde det ge idéer om möjliga fortsatta försök i en helt annan riktning än den ursprungliga. Berättelser där ny forskning sägs ha startat på detta sätt, och där slumpen brukar tilldelas en alltför stor roll, får lätt ett skimmer av skröna över sig. Men smak och lukt har haft reell betydelse. Kemisten Carl Mörner påstås i början av 1900-talet ha upptäckt och isolerat ett nytt protein utifrån iakttagelsen att rom från abborre smakade ”stringent”.<sup>45</sup> Första steget i utvecklingen av lokalbedövningsmedlet Xylocain togs på 1930-talet och brukar tillskrivas professorn i kemi Holger Erdtmans vana att, som en del av den vetenskapliga processen, smaka på de kemiska substanser han framställt. Han fann då att en viss toluidid ledde till känsselförlust i tungan. Det gav upphov till forskning, och Erdtmans medarbetare Nils Löfgren utvecklade senare medlet Xylocain ur denna grupp av toluidider.<sup>46</sup> Sådan användning av lukt och smak i de första stegen i en forskningsprocess, i det dagliga arbetet på laboratoriet, redovisas sällan i de vetenskapliga publikationer där resultaten presenteras.

Ytterligare en funktion var den teoretiska: lukt och smak kunde användas för att kontrollera teorier. Om teorin säger att ett ämne med karakteristisk doft ska bildas och lukten av det ämnet inte föreligger kan teorin ifrågasättas – eller tvärtom, om en lukt föreligger som ska finnas enligt teorin blir teorin verifierad. För Berzelius var det ett argument ”emot den chloristiska teorien” (uppfattningen att klor var ett enkelt ämne) att vätesyror ”smaka och lukta precis lika så characteriserande, som den salta smaken characteriserar de starka syresyrorernas föreningar med alkalierna”.<sup>47</sup> I läroverksläraren Carl Johan Keyzers lärobok (1864) står att om klorammonium och släckt kalk mals i en mortel ska enligt teorin ammoniak frigöras, vilket omedelbart verifieras av att man ”medelst näsan känner den egendomliga lukten”.<sup>48</sup> En av Holger Erdtman på 1930-talet framställd toluidid borde, på grund av sin teoretiskt antagna struktur, om den behandlades på ett visst sätt bilda skatol, ett kraftigt doftande ämne som finns i fekalier. När det i laboratoriet under försökets gång spred sig ”en angenäm doft av skit” kunde teorin bekräftas.<sup>49</sup>

Slutligen kunde lukt och smak fungera för att kontrollera processers gång och slutresultatets renhet. För att man skulle kunna bestämma atomvikt och kemisk sammansättning måste de substanser man använde och tog med sig till vägen vara absolut rena. Enligt den svenske kemisten J. O. Rosenberg (1887) hade det ”ofullständiga skiljande[t], af kroppar” gett och gav fortfarande ”anledning till misstag vid bedömandet af kroppars natur”.<sup>50</sup> Att framställa rena substanser krävde kvalitativa bedömningar, där smak och lukt ofta spelade viktiga roller. Säkra viktförhållanden kunde nämligen erhållas först ”sedan vi aflägsnat alla främmande inblandningar (stundom ett mycket mödosamt arbete)”.<sup>51</sup> Med hjälp av lukt- och smakobservationer kunde en kemist avgöra om en substans var fri från vissa inblandningar, om en process gått som förväntat eller om den var avslutad eller inte, genom att notera lukten eller avsaknaden av ett visst ämne. När exempelvis professorn i kemi i Uppsala Lars Fredrik Svanberg behandlade olika molybdensyresalter med svavelväte i ett reduktionsrör, fann han det svårt att dra definitiva slutsatser av försöket eftersom det fortsatte att ”ständigt [lukta] vätesvafva”.<sup>52</sup> Vid ett annat tillfälle började han dra slutsatser först när lukten av salpetersyra upphörde.<sup>53</sup> Wöhler värmdes ett ammoniaksalt av ”Honigsteinsäure” i en porslinsdegel till 200 grader ”till ingen mer lukt av ammoniak utvecklades”, vilket var en signal att fortsätta undersöka den kvarvarande substansen, ”en gulaktig pulverlik massa”.<sup>54</sup> Svanbergs elev Carl Niclas Pahl konstaterade när han analyserade pyrofosfatsyrate zinksalter att ”sedan

lösningen upphört att lukta svavelsyrlighet, afsätter sig intet derur, förr än vätskan öfvergått till nära torrhet”.<sup>55</sup>

Kvalitativ kunskap har alltid kommit till daglig användning i det kemiska laboratoriet, och kunde fylla flera viktiga uppgifter under det analytiska arbetet. Det var tydligast i inledningsskedet av undersökningen, vilket återspeglas i hur de vetenskapliga resultaten presenteras. En typiskt vetenskaplig artikel på 1800-talet inleds med en kvalitativ redogörelse för experimentet innan det som betraktas som undersökningens huvudresultat presenteras: den kvantitativa sammansättningen. Det är givetvis en helt naturlig ordning, men tenderar att skymma de grundläggande kvalitativa experimenten.

## Avancerad lågteknologi

Kemisterna betonade ofta själva det hantverksmässiga i sitt arbete. För Berzelius var det en självklarhet att lära sig ”ett handarbete” innan man kunde ”verkställa ett noggrant försök i vetenskapens högre delar”.<sup>56</sup>

Sådant hantverksarbete utgjorde långt in på 1900-talet grunden för det mesta som gjordes i kemiska laboratorier, och kan betecknas som ”avancerad lågteknologi”. Man använde mycket enkla apparater som krävde stor skicklighet. Att hantera ett så enkelt instrument som en bägare kunde vara svårt att lära sig, och att dekantera, hålla från ett kärl till ett annat, utan att spilla var enligt Berzelius ”en stor konst, utan hvilken man icke kan anställa analytiska försök”.<sup>57</sup>

Näsa och tunga kan också ses som en avancerad lågteknologi, och kanske den första som kemisten använde. Långt in på 1900-talet var lukttandet och smakandet naturliga inslag i analysgången. Enligt den tyske naturvetaren (och Nobelpristagaren) Wilhelm Ostwald måste du ”till en början [...] nöja dig med lukten och smaken”.<sup>58</sup> Professorn i kemi Lennart Smith sade samma sak 40 år senare: ”Praktikern känner igen fetterna på olika karakteristiska egenskaper såsom konsistens, lukt, utseende m.m. Mera exakta igenkänningstecken lämna kvantitativa analytiska metoder”.<sup>59</sup>

I de analytiska metoderna ingick flera avancerade lågteknologier som användes innan kemisten tog sina resultat till vågen: upplösning, fällning, kristallisering, filtrering med flera. De processer som kemisten måste behärska, och som Petter Jacob Hjelm räknade upp redan i slutet av 1700-talet, förblev i princip de samma under hela 1800-talet och långt in på 1900-talet: förutom att hantera värme att ”stöta, rifva,

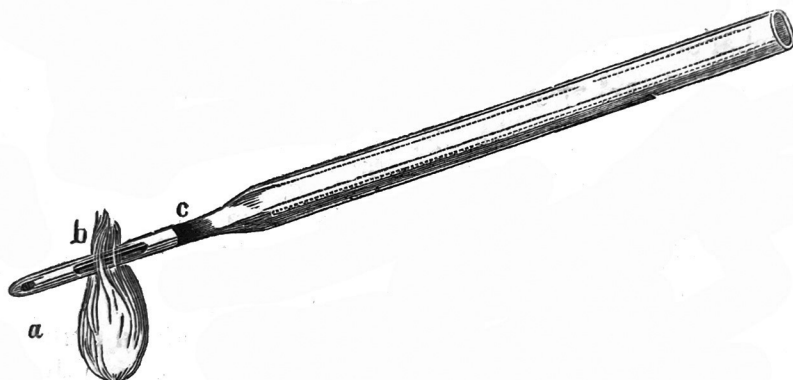


Bild 3.1. Avancerad lågteknologi. Sätt att påvisa förekomsten av arsenik.

Källa: C. Joh. Keyser, *Kurs i laborationsöfningar afsedd att förbereda den oorganiska kemiska analysen* (Örebro, 1864), s. 69.

slamma, korna (granullera), präsas, sila (filtrera), afhälla (decantera) och flera dylika”.<sup>60</sup> Under 1800-talet refererades ofta till de enkla metoderna. Enligt kemisten P. O. Almström var ”de kemiska instrumenten [...] ganska enkla” och bestod till största delen av flaskor, trattar, kolvar etcetera.<sup>61</sup> För att utfälla järn behövdes bland annat ”en gröfre jerltråd eller en blankfilad spik”, och för att fälla kvicksilver ”en kopparslant som blifvit väl blankskurad med kol”.<sup>62</sup> Bästa metoden att granulera zink, bättre än ”raspning, filning eller annan mekanisk åtgärd”, var att ”låta den smälta metallen rinna genom en fuktad visp, som man under lindrig skakning håller öfver ett kärl med vatten”.<sup>63</sup> För Justus Liebig räckte det, vid mitten av 1800-talet, med enkla verktyg för att föra kemin framåt: ”Utan glas, kork, platina och kautschuk, skulle vi möjligen ej hafva kommit helfvägs emot nu”, för med sådant material kunde kemisten sätta samman ”de konstigaste apparater af glas, utan att dervid nödgas anlita metallarbetaren eller machinbyggaren, eller behöfva hvarken skrufvar eller kranar”.<sup>64</sup>

Den avancerade lågteknologin kunde användas för att skilja substanser åt, till exempel vid den komplicerade process som filtrering utgjorde. Lösning, fällning, filtrering, avskrapning av det fällda och så vidare kunde upprepas mer än hundra gånger med samma preparat. Filtrerpapper ska vikas på ett speciellt sätt, pappret ska noggrant rensas från fällningen utan att substans går förlorad. En av de första saker Nobelpristagaren Linus Pauling lärde studenterna i sin lärobok i kemi på 1940-talet, som betrak-

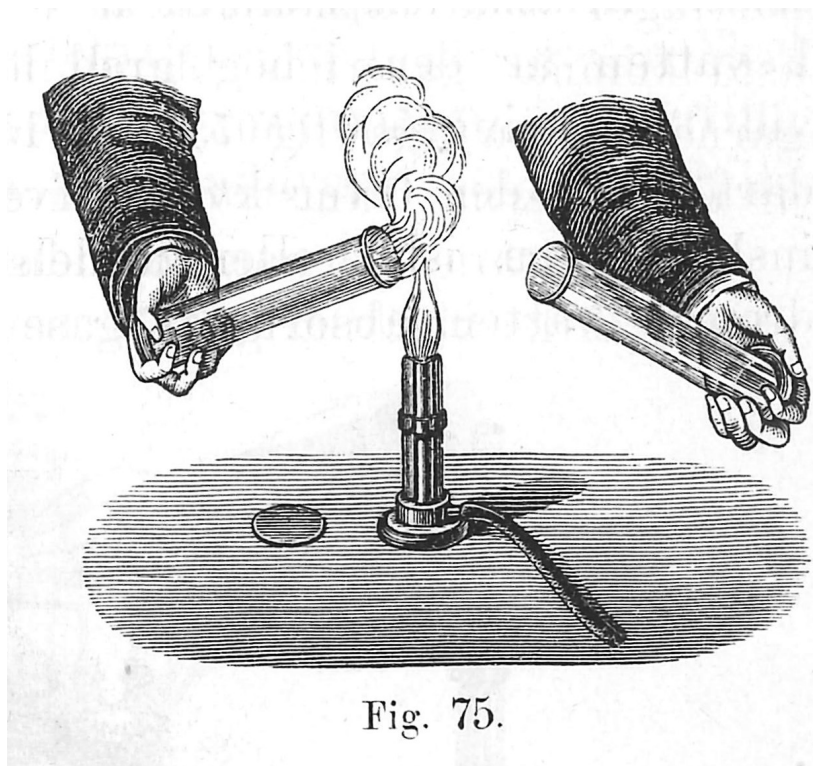


Fig. 75.

Bild 3.2. Avancerad lågteknologi. Framställning av klorvätesyra.  
J. O. Rosenberg, *Lärobok i oorganisk kemi* (Stockholm, 1892), s. 205.

tas som det första seriösa försöket att introducera kvantteori i en lärobok, var hur man viker ett filterpapper.<sup>65</sup> Andra exempel på avancerad lågteknologi inom kemien är mortel, blåsrör och kristallisering, samt de lite mer komplicerade destillering och glasblåsning.

Arbetet i ett kemiskt laboratorium var besvärligt, tidskrävande och hantverksmässigt, inte sällan monotont och långtråkigt. Försök måste upprepas gång på gång för att man skulle veta att de var riktiga, och eftersom det ”vanligen kostar flera veckors arbete, så är det inte underligt om kemister undvikit att [...] slösa tid och möda på ett resultat utan synnerligt värde”, skrev Berzelius.<sup>66</sup> Christian Wilhelm Blomstrand, professor i kemi i Lund, klagade ofta över att det för att ”göra mineralanalyser mera yrkesmässigt fordras uthållighet”, och att det var ”andligt krävande”, särskilt beträffande jordartsmetallerna.<sup>67</sup> Docenten i kemi Wilhelm Abenius

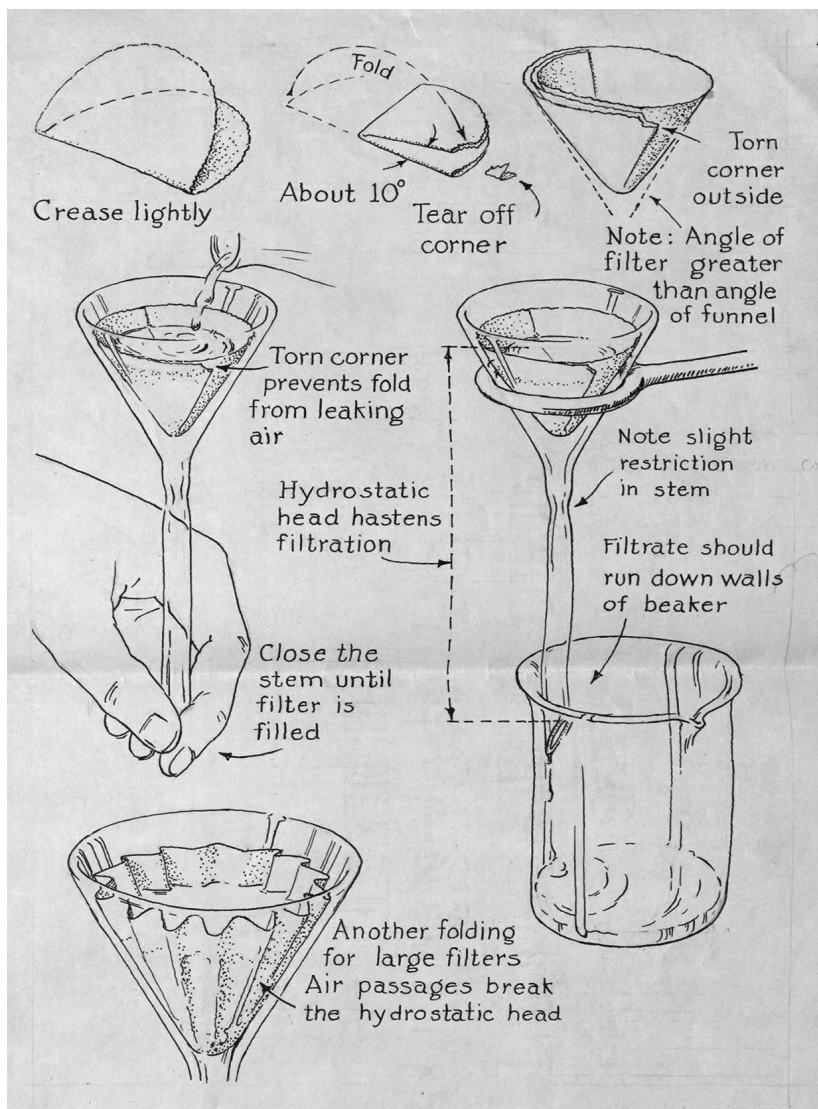


Bild 3.3. Avancerad lågteknologi från mitten av 1900-talet. Roger Haywards illustration av filtreringsprocessen. Ingick i lätt modifierad form i Linus Pauling, *General chemistry* (San Francisco, 1947), s. 12.

Källa: Roger Hayward Papers (MSS Hayward). Courtesy by the Oregon State University Special Collections and Archives Research Center, Corvallis, Oregon.

utbrast 1889 i ett brev till kollegan Henrik Gustaf Söderbaum: ”Jag har blifvit så trött på dessa evinnerliga kokningar, lösningar och omkristallisationer, taflor, nålar och prismer, som ständigt och jämt återkommer vid beskrifningar af hvarenda substans, att jag haft god lust att ge alltsammans på båten.”<sup>68</sup>

En viktig del av hantverket med avancerad lågteknologi var den sinneskunskap som härstammade ur lukt och smak. Den kunskapen kunde vara avgörande för experimentet. När kemisten inte längre kände lukten av ett visst ämne, till exempel ammoniak, var det dags att gå vidare med dekantering, filtrering, kristallisering eller annat. Enda möjligheten att få kunskap om lukt och smak var genom direkt kontakt med kemiska substanser, vilket skedde i laboratoriet. Det var där lukter och smaker gavs ord. Eftersom varje substans har sin egen lukt måste en kemist komma ihåg väldigt mycket. För att citera Linus Pauling: ”Det är inte möjligt att få rätt kunskap i kemi endast genom att läsa teoretisk kemi”, utan studenten måste ”lära sig ett antal fakta [...] i form av minneskunskap”, grundad på ”egna erfarenheter på laboratoriet”.<sup>69</sup>

Att arbeta i ett laboratorium var således något alla kemister måste lära sig. Kemisten H. T. Scheffer skrev redan 1775 att det är omöjligt, särskilt för nybörjare ”at fatta alt i pennan”, utan kemi är en ”practisk vetenskap, och kan således aldrig rätt läras utan mycket öfning”.<sup>70</sup> I en bok från 1857 kan vi läsa att kemiska fakta endast kan läras ”i följe af egna arbeten och iakttagelser”.<sup>71</sup> Hjalmar Berwald, lärare vid KTH i Stockholm, hävdade 1886 att för att elever ska få någon ”levande kunskap” krävs att de ”öfvar sig något med laborationer”.<sup>72</sup> Ännu under 1950-talet vistades studenterna vid Oxford inte bara i ett laboratorium fullt med lukter utan lärde sig dessutom, enligt kemihistorikern David Knight, ”ett hantverk och en tradition lika mycket som en vetenskap”.<sup>73</sup> När det gäller laboratoriemiljön lär sig dock kemisten fortfarande hur farliga ämnen luktar. Och så sent som 1964 kunde nybörjarlaboranter få lära sig att ”cyanväte i luften lär vara lätt att upptäckta, om man röker under arbetet. Vid närvaro av cyanväte undergår nämligen tobaksröken en karakteristisk smalförändring”.<sup>74</sup>

Den kvalitativa exaktheten i läroböckerna gav inte bara vetenskaplig information om de kemiska substanserna, utan innehöll också ett starkt pedagogiskt imperativ: Gå till laboratoriet – och lär den eller den smaken eller lukten!<sup>75</sup> Det var där en bestämd kemisk substans kopplades samman med en bestämd smak eller lukt. Ju mer arbete i laboratoriet, ju mer smak och lukt, desto mer kemisk kunskap och desto nödvändigare att



sätta ord på denna kunskap. Den avancerade lågteknologin var en förutsättning för skapandet av det exakta kvalitativa språket, med vars hjälp den subjektiva sinneskunskapen gjordes vetenskaplig.

## Avancerade instrument i kemin

Avancerad lågteknologi var också viktig när det gällde att hantera det teknologiskt dyraste, känsligaste och mest komplicerade instrumentet, nämligen vågen, med vars hjälp man nådde fram till de kvantitativa slutmålen: sammansättning och atomvikt. Eftersom rostangrepp på vågen kunde ge felaktiga resultat måste den skyddas för laboratoriegaser,<sup>76</sup> och under 1800-talet blev speciella vågrum allt vanligare. Att handskas med vågen krävde en väl utvecklad hantverksskicklighet: en stadig hand, att alltid lägga provet i samma vågskål och alltid med samma hand, att undvika drag etcetera.<sup>77</sup> Vågens betydelse för att ge kemin status av kvantitativ vetenskap kan inte överskattas, men det är samtidigt viktigt att erinra om att en stor del av kemin bedrevs utan våg – inte minst i det förarbete som krävdes innan man vägde, och som framför allt var av kvalitativt slag. Vetenskapen kemi upphörde inte att generera vetenskapliga fakta bara för att det saknades en våg.

Spektroskop införskaffades under 1800-talet sällan vid de kemiska institutionerna, utan kemisterna utnyttjade i stället fysikernas instrument och kunskap. Spektroskopiska undersökningar genomfördes i regel på plats i de fysiska institutionerna, där luften inte var lika skadlig för instrumenten. Metoden var till stor hjälp när det gällde att konstatera förekomsten, eller avsaknaden, av vissa element, det vill säga renheten hos ett prov. Även om spektroskopet gav exakta resultat innehöll dessa undersökningar ett betydande inslag av kvalitativa bedömningar i avläsningen, eftersom linjerna kunde vara otydliga och svåra att fastställa.<sup>78</sup>

## Lukt, smak, kvalitativ exakthet och avancerad lågteknologi

Den kvalitativa kunskapen inom kemin stod inte i motsatsförhållande till ett kvantitativt slutmål. Den var en nödvändig del av den grundläggande kunskapen. Utan den kvalitativa kunskapen och den direkta sinneserfarenheten i laboratoriet kunde man inte identifiera kemiska substanser eller avgöra deras renhetsgrad, och därmed inte åstadkomma kvantitativt hållbara resultat. Det kvalitativa studiet var ett nödvändigt steg innan

kvantifieringen kunde göras – och ett viktigt inslag i dessa kvalitativa studier var den kunskap som lukt och smak gav.

Kunskap om smak och lukt var dessutom en del av den hantverksskicklighet som krävdes inom kemin. För att tillägna sig den måste man konkret arbeta med materiella och fysiska objekt. Hantverkarskunskap skilde sig från vad som brukar betraktas som traditionell vetenskaplig kunskap genom att inte vara teoristyrd utan vara bunden till utövarens egna upplevelser och egen kropp. Man talar ibland om ”förkroppsligad kunskap” (*embodied knowledge*). Andra begrepp är ”icke-verbal kunskap” och ”tyst kunskap” (en inte så lyckad översättning av engelskans *tacit knowledge*).<sup>79</sup>

Men termer som ”förkroppsligad kunskap”, ”icke-verbal kunskap” och ”tyst kunskap” döljer ett viktigt karaktäristikum hos kunskapen om smak och lukt: den kan, trots att den tycks så intimt sammanbunden med kemistens individuella sinnesupplevelser, formuleras i ett språk – det *exakta kvalitativa språket*. Genom det språket omvandlas kunskapen om smak och lukt till vetenskaplig kunskap som det råder konsensus om och som kan föras vidare.

För att låna ett begrepp från Harry Collins kan man säga att det bland kemister växer fram en ”kollektiv tyst kunskap” om lukt och smak.<sup>80</sup> Lukt och smak lär man sig i den sociala miljö som ett laboratorium utgör, och där görs också kemisters individuella kunskaper om lukt och smak till kollektiv kunskap. När en kemist skriver att selen luktar rutten rättika vet alla kemister vilken lukt det är frågan om, eftersom de någon gång har känt denna lukt i laboratoriet. På samma sätt utvecklas en konsensus kring betydelsen av ord som ”bitter”, ”lutaktig”, ”metalliknande”, ”vämjelig”, ”fruktlignande” och ”sötaktig”. Språket har blivit så allmängiltigt att det kan förstås även av dem som inte i praktiken har testat substansen. Genom språket kan vetenskaplig kunskap, härstammande ur sinnesupplevelserna, föras vidare.

När hantverkarskunskap, teknisk kunskap och vetenskaplig kunskap överförs är personliga möten, resor, gesällvandringar etcetera viktiga. När vetenskaplig apparatur skickas från ett laboratorium till ett annat måste i regel en person som vet hur maskinen ska byggas och handhas följa med, eller så måste mottagaren ha tillbringat avsevärd tid i det laboratorium där maskinen redan finns för att lära sig hur den fungerar.<sup>81</sup> Men kunskap om lukt och smak kräver inte mekanisk utrustning eller mekaniska processer, bara den egna kroppen och dess sinnesfunktioner. Det är dessutom en hantverkarskunskap där språket spelar särskilt stor roll som förmedlare.

Att lukt och smak var en del av ett hantverk medförde ett stort förtroende för och en stor tillit till dessa sinnen. Om det under en reaktion framträdde en lukt av svavelväte, då fanns det svavelväte där. Lukten gav en säker och snabb indikation. Lukten av svavelväte kändes alltid igen och kunde lätt identifieras, oavsett vilka kulturella och sociala värderingar denna lukt tillskrevs, i vilket socialt sammanhang experimentet ingick eller vilken teori om dess bildande kemisten omfattade. Hantverksteknik består även om de vetenskapliga teorier som vill förklara vad hantverkaren gör växlar.<sup>82</sup> Lukt och smak var för en vältränad kemist sinnen som representerade en hög grad av säker kunskap. Antalet möjliga tolkningar begränsades av den lukt och den smak som fanns så att säga inbyggda i själva materien.

Man skulle kunna kalla det naiv realism, men det var en säker metod. Substanser, kemiska prover och mineraler som cirkulerade mellan kemister varken tappade eller förändrade sina kvalitativa lukter och smaker när de bytte ägare. I varje ”stycke av naturen” som skickades från en kemist till en annan fanns något som inte förändrades (om inte det rent transporttekniska orsakat någon förvandling) och som, med ett låt vara tvivelaktigt ord, kan kallas ”naturligt” eller till och med ”objektivt”. Detta objektiva kunde beskrivas med hjälp av lukt och smak, vilken ytterligare stärkte dessa sinnens vetenskapliga betydelse. De bidrog med odiskutabla fakta för kemisten att arbeta vidare med.

Detta kan synas som en gammeldags konservativ syn på vetenskapen, enligt vilken det finns ”sanna” beskrivningar av naturen som ligger färdiga att upptäckas. Men den materiella sidan av det vetenskapliga studieobjektet måste tas på allvar.<sup>83</sup> Observationer är inte bara tolkningsberoende, utan det materiella har betydelse för hur vi tolkar, även om det inte styr tolkningen deterministiskt. Kemin ger goda exempel på hur tolkningsfrågor kan diskuteras på ett fruktbart sätt.

Lukt och smak har alltså genom historien gett kemister väsentlig vetenskaplig kunskap. Den överfördes genom såväl hantverkskunskap som ett gemensamt vetenskapligt språk, den kvalitativa exakthetens språk. Den typen av kunskap är ovanligare numera, eftersom hantverksanalysen till stor del har ersatts av instrumentella tekniker. I början av 1900-talet identifierades fortfarande mängder av organiska substanser medelst samma analytiska metoder som använts under hela 1800-talet, men idag används helt nya tekniker, framför allt olika former av spektroskopiska undersökningar.<sup>84</sup> Lukter tillmäts också mindre betydelse, förmodligen av hänsyn till hälsa och miljö, och dragskåpen har fått allt större plats i labora-

torierna. Den tiden är förbi då en lärobok för elementarläroverken gav instruktioner för att framställa blåsyra (cyanvätesyra) genom att blanda blodlutsalt med svavelsyra och vatten och därefter hetta upp och torka gasen – om än med tillägget ”Livsfarlig operation”.<sup>85</sup>

Det betyder inte att lukt och smak helt har försvunnit inom kemin, och särskilt inte i det vardagliga arbetet. Det är högst troligt att den kontrollerande funktionen finns kvar, i den betydelsen att man på så sätt snabbt kan avgöra om man är på rätt spår, ett avgörande som, även om det inte betraktas som ”vetenskapligt”, kan förenkla och snabba upp arbetet avsevärt. Kvar finns också den i dagligt arbete så viktiga heuristiska funktionen, även om belägg för dess betydelse snarare kan återfinnas i memoarer och i biografier än i vetenskapliga rapporter.

Ikonbilderna av kemister som använder sin sinneskunskap är inte bara historiska artefakter. Än idag är kunskap om och bestämning av lukt ett viktigt inslag i kemisternas arbete, även om det inte gärna kopplas till ett vetenskapligt tänkande, och även om det tilldelas liten plats i vetenskapliga publikationer. Men 2014, när en sond landsatts på kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, utbrast en exalterad vetenskapsjournalist i en svensk dagstidning: ”Huvudsyftet med hela expeditionen är att ta reda på mer om hur kometer fungerar, och de allra flesta undersökningar kommer att göras från rymden via moderskeppet ’Rosetta’. Redan nu har forskarna lärt sig mycket om kometen, också mer udda saker som hur den luktar: en blandning av ruttet ägg, stall, bittermandel och metanol.”<sup>86</sup> Hur denna avlägsna komet luktade var en av de första vetenskapliga nyheterna som kablades ut.

## Noter

1. Lissa Roberts, "The death of the sensuous chemist: The 'new' chemistry and the transformation of sensuous technology", *Studies in the History and Philosophy of Science*, vol. 26, nr 4 (1995). Jfr dock Armel Cornu, *Enlightening water. Science, market & regulation of mineral waters in eighteenth-century France* (Uppsala, 2022), s. 292–335. Det visuellas betydelse inom tekniken har betonats av Eugene Ferguson, *Engineering and the mind's eye* (Cambridge [USA], 1992).
2. Nick Jardine, "The possibility of absolutism", i *Science, belief and behaviour*, red. D.H. Mellor (Cambridge, 1980), s. 36.
3. Alan Rocke, *The quiet revolution. Hermann Kolbe and the science of organic chemistry* (Berkeley, 1993), s. 123–128.
4. C.L. Lohmander & C. von Schéele, *Lärobok i kemi för praktiska skolor*, 2 oförändr. uppl. (Stockholm, 1915), s. 2 (kursiv i original).
5. Berzelius till Marcet, 6 februari 1818, citerat efter H.G. Söderbaum, *Jac. Berzelius. Levnadsteckning 2* (Stockholm, 1929), s. 94. Söderbaums översättning från franskt original.
6. Franz von Kobell, *Tabeller för mineraliers bestämmande medelst enkla kemiska försök på torra och våta vägen* (Stockholm, 1838), s. 98.
7. Joachim Åkerman, *Elementar-kurs i kemien, för nybegginnare, konstnärer, fabrikanter och handverkare* (Stockholm, 1831), s. 89.
8. Nils Johan Berlin, *Grunderna för den kvalitativa kemiska analysen, efter Will, Fresenius och H. Rose* (Lund, 1847), s. 74.
9. Wöhler till Berzelius, 12 augusti 1841, *Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler 2*, red. O. Wallach (Leipzig, 1901), s. 256.
10. D. Fr. Brunius *Lärobok i organisk kemi för landtmän och landtbruksskolor* (Örebro, 1865), s. 31; P.T. Cleve, *Lärobok i kemiens grunder*, tredje helt omarbetade upplagan (Stockholm, 1886), s. 204.
11. C.W. Blomstrand, *Kort lärobok i oorganisk kemi* (Lund, 1873), s. 110, 120, 123, 126, 131.
12. Wöhler till Berzelius, 15 mars 1843, Wallach, *Briefwechsel 2*, s. 398.
13. Wöhler till Berzelius, 3 december 1843, Wallach, *Briefwechsel 2*, s. 451.
14. Olof Hammarsten, *Kortfattad lärobok i fysiologisk kemi* (Uppsala, 1904), s. 248. Enligt *Nordisk familjebok* luktar kumarin mycket angenämt.
15. P.T. Cleve, *Lärobok i kemiens grunder*, tredje helt omarbetade upplagan (Stockholm, 1886), s. 29.
16. P.T. Cleve, *Kemiskt hand-lexikon*, Samling af fack-lexika 3 (Stockholm, 1883), s. 55, 82
17. J.J. Berzelius, *Lärbok i kemien 1* (Stockholm, 1806), s. 125; C.W. Blomstrand, *Kort lärobok i oorganisk kemi* (Lund, 1873), s. 73.
18. L.F. Svanberg, Årsberättelse om framstegen i kemi under 1848, afgifven till Kongl. Vetenskaps-akademien af L. F. Svanberg (Stockholm, 1850), 308. Kaprinsyra ger bland annat getosten dess smak och lukt; Hammarsten, *Kortfattad lärobok*, s. 96.
19. David Howes, *Sensual relations. Engaging the senses in culture and social theory* (Ann Arbor, 2007); jfr Annick Le Guérec, *Scents. The mysterious and essential powers of smell* (London, 1993).

20. David Saxon, "In praise of Lord Kelvin", *Physics World* 17 december 2007. <https://physicsworld.com/a/in-praise-of-lord-kelvin/> (senast besökt 2020-12-02).
21. The Svedberg, *Colloid chemistry. Wisconsin lectures* (New York, 1924), s. 7.
22. Torbern Bergman, "Inledning", i H.T. Scheffer; *Chemiske föreläsningar*, red. T. Bergman (Uppsala, 1775), s. vi; jfr Mi Gyung Kim, *Affinity, that elusive dream. A genealogy of the chemical revolution* (Cambridge, 2003).
23. Rosenberg, *Kemiska kraften framställd i dess förnämsta verkningar* (Stockholm, 1887), s. 26.
24. En äldre framställning är E. Rancke Madsen, *The development of titrimetric analysis till 1806* (Köpenhamn, 1958).
25. J.A. Stöckhardt, *Kemi-skola. Undervisning i första grunderna af kemien åskådliggjord genom enkla experimenter, för skolor och sjelfstudium*. Första delen, tredje upplagan (Stockholm, 1856), s. 218, även s. 401, 486.
26. Se Olof Hammarsten, *Kort handledning i titreringsanalysen* (Uppsala, 1886), s. 1f, för en översikt av dessa metoder.
27. Begreppet "science-in-use" är modellerat efter David Edgertons *The shock of the old. Technological and global history since 1900* (London, 2006), där 1900-talets teknikhistoria beskrivs utifrån begreppet "technology-in-use", det vill säga den teknik som används dagligen, inte spetsteknologi; jfr Svante Lindqvist, "Changes in the technological landscape: The temporal dimension in the growth and decline of large technological systems" från 1994, omtryckt i Lindqvist, *Changes in the technological landscape. Essays in the history of science and technology* (Sagamore Beach, 2011), s. 3–24; om *Alltagsgeschichte* se Kathryn Olesko, "Commentary: On institutes, investigations, and scientific training", i *The investigative enterprise. Experimental physiology in nineteenth-century medicine*, red. William Coleman & Frederic L. Holmes (Berkeley, 1988), s. 299.
28. Här från A.E. Arppe, *Naturkunnighet och kemi. Föredrag hållet den 17 februari 1852 vid öppnandet af en kurs populära föreläsningar i experimental kemi* (Helsingfors, 1852), s. 17f, 21.
29. J.O. Rosenberg, *Lärobok i oorganisk kemi*, tredje bearbetade upplagan (Stockholm, 1903), s. 1 (kursiv i original).
30. J. Schabus, *Fysikens första grunder*, 3 uppl. (Lund, 1868), s. 2.
31. Citerad ur A.G. Werner: *On the external characters of minerals* (Urbana, 1962 [1774]), s. 23 (övers. Albert V. Carozzi).
32. Werner, *On the external characters*, s. 39; *Werner's nomenclature of colours*, red. Patrick Syme (London, 2008 [1821]).
33. O. Widman, "Analysböcker. Egenhänd. Konc. Sept. 1877", s. 49–51, UUB D 1499.
34. Clemens Ullgren, *Organiska kemien i sammandrag. Afd. 1* (Stockholm, 1839), s. 101, 104.
35. C.W. Blomstrand, *Kort lärobok i oorganisk kemi* (Lund, 1873), s. 70f.
36. Stöckhardt, *Kemi-skola. Undervisning i första grunderna af kemien*, s. 591f.
37. James Johnston, *Kemiska bilder ur dagliga lifvet* II (Örebro, 1855), s. 257.
38. N.J. Berlin, *Elementar-lärobok i oorganisk kemi* (Lund, 1860), s. 368.

39. Arne Fredga, *Huvuddragen av kolföreningarna kemi, efter föreläsningar av professor A. Fredga*, 8 uppl. (Uppsala, 1964), s. 36.
40. J.G. Wallerius, *Bref om Chemiens rätta beskaffenhet, nytta och värde* (Stockholm & Uppsala, 1767), s. 7.
41. Berzelius till Palmstedt 13 juli 1843, *Brevväxlingen mellan Jöns Jacob Berzelius och Carl Palmstedt* 3, red. Jan Trofast (Lund, 1983), s. 225f.
42. Berlin, *Grunderna för den kvalitativa kemiska analysen*, förordet.
43. Ludwig Ramberg, *Lärobok i kemi*, mimeograferad handskrift, bok 1, s. 1, professor Lennart Smiths papper. Lunds universitetsbibliotek (LUB). Förmodligen från 1910-talet.
44. Primo Levi, *Periodiska systemet* (Stockholm, 1993 [1975]), s. 159.
45. Efter Torvald Laurent, *Medicinsk och fysiologisk kemi i Uppsala under ett och ett halvt sekel*, installationsföreläsning, kopia hos författaren; C. Mörner, ”En iakttagelse angående abborrens rom”, *Svensk fiskeritidskrift*, vol. 8 (1899–1900), s. 82ff. Mörner analyserade också urin- och gallstenar med hjälp av smak, lukt och känsel.
46. Anders Lundgren, *Vetenskap till vardags. En historia kring Xylocain* (Uppsala, 1995), s. 44–47.
47. Berzelius till Nordenskiöld, 7 april 1818, *Berzelius: Bref XI*, red. H.G. Söderbaum (Stockholm, 1927), s. 16. Om debatten om klorets natur, se H.G. Söderbaum, *Jac. Berzelius. Levnadsteckning I* (Stockholm, 1929), s. 529–534.
48. C. Joh. Keyser, *Kurs i laborationsöfningar afsedd att förbereda den oorganiska kemiska analysen* (Örebro, 1864), s. 165.
49. Holger Erdtman, muntlig information.
50. Rosenberg, *Kemiska kraften framställd i dess förnämsta verkningar*, s. 33.
51. *Ibid.*, s. 41.
52. L. F. Svanberg, ”Om några molybdenföreningar samt om denne metalls atomvigt”, *Öfversigt af Kongl. Vetenskapsakademiens Handlingar* 1848, s. 67.
53. L. F. Svanberg, ”Salpetersyrans förening med några kroppar”, *Öfversigt af Kongl. Vetenskapsakademiens Förhandlingar*, vol. 4 (1847), s. 52.
54. Wöhler till Berzelius, 6 augusti 1840, i Wallach, *Briefwechsel* 2, s. 184.
55. Carl Niclas Pahl, *Pyro-fosforsyrade salter* (Uppsala, 1872), s. 14.
56. Berzelius, *Lärbok i kemien* 2, s. 495f.
57. J. J. Berzelius, *Lärbok i kemi* 3 (Stockholm, 1818), s. 151.
58. Wilhelm Ostwald, *I kemiens förgårdar. En inledning till naturvetenskapen afsedd för hvem som bäst* II (Stockholm, 1905), s. 99.
59. Lennart Smith, *Organisk kemi*, 3 uppl., (Stockholm, 1945), s. 111f.
60. Petter Jacob Hjelm, *Om methoden uti chemien och dess visshet* (Stockholm, 1785), s. 44.
61. P.O. Almström, *Handelsvaru-kännedom eller underrättelse om de förnämsta handelsartiklars ursprung, produktionsställen och beståndsdelar* (Stockholm, 1845), s. 48.
62. Berlin, *Grunderna för den kvalitativa kemiska analysen*, 258ff.
63. Stöckhardt, *Kemi-Skola. Undervisning i första grunderna af kemien*, 342.

64. Justus Liebig, *Kemiska bref* (Stockholm, 1853), s. 115f.
65. Linus Pauling, *Allmän kemi* (Uppsala, 1952), s. 2.
66. Berzelius, *Lärbok i kemien* 2, s. 495f.
67. Lennart Smith, "Om blomstrands brevväxling", *Svensk kemisk tidskrift*, vol. 38 (1926), s. 267.
68. Wilhelm Abenius till Henrik Gustaf Söderbaum, 7 augusti 1889, KVA.
69. Linus Pauling, *Allmän kemi* (Uppsala, 1952), s. 9f.
70. H. T. Scheffer; *Chemiske föreläsningar*, red. T. Bergman (Uppsala, 1775), s. II f.
71. Fr. Schöddler, *Vårt tidevarfs kemi* (Stockholm, 1857), s. 102.
72. Hjalmar Berwald, *Lärobok i oorganisk kemi för läroverken* (Stockholm, 1886), förordet.
73. David Knight, "Then ... and now", i *From classical to modern chemistry. The instrumental revolution*, red. Peter Morris (London, 2002), s. 87–94.
74. Sigvard Wideqvist, *Laboratorieteknik* (Uppsala, 1964), s. 10.
75. Anders Lundgren, "Kemi, pedagogik och lite estetik. Om sinneskunskap i naturvetenskaplig undervisning och forskning runt sekelskiftet 1900", i *Löftet om lycka. Estetik, musik och bildning*, red. Anders Burman, Rebecca Lettevall & Sven-Eric Liedman (Göteborg, 2013), s. 149–168.
76. O. Widman, *Tal och föredrag vid invigningen av Kemiska Institutionsbyggnaden den 25 sept. 1904*, D 1499, s. 13 (opaginerad), UUB.
77. Berzelius, *Lärbok i kemien* 3, s. 376–391.
78. Anders Lundgren, "When a daring chemistry meets a boring chemistry: The reception of Mendeleev's periodic system in Sweden", i *Early responses to the periodic system*, red. Masanori Kaji, Helge Kragh & Gábor Palló, (Oxford, 2015), s. 153–170.
79. Som inledning till frågan, se Sven-Eric Liedman, *Ett oändligt äventyr. Om människans kunskaper* (Stockholm, 2001), s. 110–129.
80. Harry Collins, *Tacit and explicit knowledge* (Chicago, 2010), särskilt s. 119–138.
81. Se t.ex. Harry Collins, "Tacit knowledge: Trust and the Q of sapphire", *Social Studies of Science*, vol. 31 (2001), s. 71–85.
82. Jfr Peter Galison, "Trading zone: Coordinating action and belief", i *The science studies reader*, red. Mario Biagioli (New York, 1999), s. 137–160.
83. Jfr Lorraine Daston, red., *Things that talk. Object lessons from art and science* (New York, 2004), för en diskussion om begränsning av tolkningsmöjligheter utifrån det studerade objektet.
84. Robert Robinson, *Memoirs of a minor prophet. 70 years of organic chemistry* (Amsterdam, 1976), s. 17f.; Carsten Reinhardt, *Shifting and rearranging. Physical methods and the transformation of modern chemistry* (Sagamore Beach, 2006); Peter Morris, red., *From classical to modern chemistry. The instrumental revolution* (London, 2002).
85. T. Hammargren, *Repetitionskurs i oorganiska kemien för elementarläroverken* (Örebro, 1861), s. 149.
86. Maria Günther, "Kometens hemligheter skall avslöjas", *Dagens Nyheter*, 15 november 2014.