

## Kemi för de yngre åren

*Mikael Björling*

Vad är det för likhet mellan  
ett tvåårigt barn och en struts?

Båda tror att de inte syns  
när de själva inte kan se någonting.

Detta är bakgrunden till att små barn är fascinerande av att leka Titt-ut, men som alla föräldrar vet så försvinner den lekens lockelse när barnet blir äldre. Barn utvecklas snabbt i de yngre åren, vilket skapar både möjligheter och begränsningar för hur lärande i naturvetenskap och kemi uppstår i förskolan och grundskolan. Det finns många skäl till att kemirelaterade aktiviteter bör introduceras i de yngre åren och i det här kapitlet diskuteras några av dessa skäl ur ett kemididaktiskt perspektiv. Kapitlet är uppbyggt kring några av de betydande framsteg som gjorts i den utvecklingspsykologiska forskningen under de senaste tjugo åren (Gärdenfors, 2006). Idag vet vi ganska mycket om hur våra hjärnor fungerar och utvecklas. Insprängt i denna beskrivning kommer jag att reflektera kring hur detta skulle kunna påverka valet av innehåll när det gäller naturvetenskapligt lärande för yngre barn. På slutet sammanfattar jag tankarna om innehåll med ett speciellt fokus på kemi.

### **Förutsättningar för lärande bör styra innehållet**

#### **Det viktiga språket**

För de yngre barnen är intresset att lära sig om omvärlden mycket starkt. I de arter av djur där avkomman inte klarar sig själv, utan hjälp från föräldrar, är potentialen för inläring hög. Det kan bero på att avkomman håller på att lära sig fungera i den sociokulturella gemenskapen inom

arten (Gopnik, 2011). För oss människor är det framförallt vårt språk som tar tid att lära in. Människan är den enda art som använder symboler<sup>1</sup> vilket möjliggör kommunikation om komplexa föreställningar som känslor, avsikter, kunskap, historiska händelser, framtida planer och drömmar (Gärdenfors, 2006). Djur i allmänhet kommunicerar nästan uteslutande med signaler som handlar om skeenden här och nu (a.a.). Av evolutionära skäl kan vi därför förvänta oss att de yngre barnen är särskilt programmerade för inläring av språkens grundelement: språkljuden och ordförrådet.

Hur kan vi skapa möjligheter att ringa in ords betydelser? En väg är att låta barnen möta orden i olika kontexter. Här kan aktiviteter förknippade med naturvetenskap berika lärandet av språket eftersom de då bidrar med nya sammanhang och situationer där ord används för att beskriva det som händer (Gibbons, 2013). Naturvetenskapens ord används dessutom på ett mer avgränsat sätt än i vardagsspråket, vilket i sig skapar ett slags kontextuellt språk. (Detsamma kan för övrigt sägas om de flesta specialiserade verksamheter.) En annan aspekt är naturvetenskapens omätliga rikedom på nya ord och begrepp som skapar utmaningar för alla åldrar.

### **Barnets förutsättningar för lärande**

Barnets breda uppmärksamhetsfält är troligen det optimala för inläring i allmänhet (Gopnik, 2011), men skapar problem när barnet behöver fokusera på en pedagogisk arbetsuppgift. Ovidkommande störningar begränsar det arbetsminne som är tillgängligt, vilket leder till ett sämre utförande av uppgiften (Sörqvist & Rönnberg, 2014). Ur pedagogisk synvinkel finns det alltså starka skäl att fundera över hur en icke-störande miljö skall uppnås i förskolan och skolan.

En annan begränsning hos de mindre barnen illustreras tydligt av det s.k. Maxi-experimentet (Wimmer & Perner, 1983): Det tillgår så att en försöksledare berättar en docksaga framför en försöksperson (barnet). Maxi tycker om choklad och får en chokladkaka. Maxi tar en bit, men bestämmer sig för att spara resten av kakan och lägger in den i ett blått skåp. Därefter går Maxi ut och leker. När Maxi är ute flyttar en städande förälder chokladkakan från det blå skåpet till ett annat skåp som är grönt. Sedan kommer Maxi in från sin utelek och vill ta sig ytterligare en chokladbit. Nu avbryter försöksledaren sagoberättandet och ställer ett antal frågor till försökspersonen. De inledande frågorna har till syfte att säkerställa att barnet förstått vad som skedde i sagan, men sedan

<sup>1</sup> Symboler är ”tecken som kräver en kulturell konvention för att begripas”, t.ex. vägmärken, trafikljus, bokstäver och siffror (<https://sv.wikipedia.org/wiki/Semiotik> 2015-12-08).

kommer nyckelfrågan till försökspersonen: ”Var tror Maxi att chokladkakan är?”. Vad skulle du ha svarat? En del barn kommer att svara att Maxi tror att chokladkakan är i det blå skåpet och några kommer att svara att Maxi tror att chokladkakan är i det gröna skåpet. Det intressanta resultatet i experimentet är att barnens svar kan grupperas utifrån en ganska skarp gräns som ligger kring fyra års ålder. Barn som är under fyra år kommer att svara att Maxi tror att chokladkakan är i det gröna skåpet. Det beror på att de själva (som suttit med under hela sagan) vet att chokladkakan är i det gröna skåpet. De är helt enkelt inte medvetna om att Maxi, eller någon annan, kan tro något annat än de själva tror. Barn över fyra år inser att Maxi inte kan veta att chokladkakan flyttats och att Maxi därför kommer att tro att chokladkakan är i det blå skåpet där den låg från början. En intressant detalj i sammanhanget är att försökspersoner som har diagnosen autism också kommer att svara att Maxi tror att chokladkakan är i det gröna skåpet.

Experimentet undersöker vår kunskap om andras inre världar, eller mer specifikt vår uppfattning om andras kunskap. Förmågan att föreställa sig vad andra vet, eller tror, verkar vara utmärkande för människan som art eftersom de flesta djur (med några få undantag) verkar sakna uppfattning om andras medvetande (Gärdenfors, 2006). Det utvecklingspsykologiska begreppet ”theory of mind” (Sodian & Kristen, 2010) sammanfattar de förmågor som berör vår kunskap om andras inre världar. De övriga förmågorna är a) uppfattning om andras känslor; b) uppfattning om andras uppmärksamhet; c) uppfattning om andras avsikter; och d) självmedvetande, d.v.s. att kunna reflektera över sitt eget tänkande och eventuella framtida behov (Gärdenfors, 2006). En komplexitet är att komponenter av ”theory of mind” utvecklas över tid och alla individer utvecklas inte lika snabbt eller lika mycket. Från en lärandesynpunkt är dessa förmågor intimt kopplade till utvecklingen av abstrakt tänkande på olika sätt, t.ex. förståelsen för användningen av symboler i språket. Abstrakt tänkande är en förutsättning för att förstå de flesta naturvetenskapliga förklaringsmodeller, speciellt inom kemi där agenterna (molekylerna) måste åskådliggöras via symboliska modeller. För kemiaktiviteter i förskolan betyder det att förklaringsmodellerna inte kan vara i fokus för de små barnen. De måste introduceras successivt i takt med att det abstrakta tänkandet utvecklas och därför är erfarenheter av möjliga kemiska processer viktigare för de mindre barnen. Det passar också väl med deras intresse för att undersöka sin omvärld (se nedan).

Utveckling av de andra förmågorna, börjar vid olika tidpunkter (Gopnik, 2011; Gopnik & Seiver, 2009). Vi blir medvetna om andras avsikter från tre månaders ålder, andras uppmärksamhet från 12 månader och om andras känslor från 18 månaders ålder. Självmedvetenhet börjar

utvecklas först vid fem års ålder. Ett klassiskt experiment är när försökspersonen (barnet) ställs inför valet att få äta en kaka nu eller att få äta två kakor om de kan vänta i tio minuter tills försöksledaren återkommer. Treåringar faller för frestelsen och äter upp kakan när försöksledaren lämnar rummet, medan femåringar visar mer självbehärskning (Gopnik & Seiver, 2009). En sådan typ av uthållighet för att få framtida belöning är självklart en evolutionär fördel för människan. Hur vi uppfattar andras kunskap är också förknippad med förmågan att lurats, att ljuga, och att ändra andras kunskap. Treåringar kan inte ljuga, även om det skulle innebära att de fick en belöning. Fyraåringar är däremot mer skickliga på att manipulera personer (läs föräldrar) i deras omgivning. En nog så viktig talang i en sociokulturell gemenskap.

## Lärande

Inläring skulle kunna betraktas som ett samspel mellan vår inre värld och den yttre världen. Mycket tyder på att vår inre värld till stor del består av representationer av den yttre världen. Sedan Tolman (1948) i sina banbrytande försök visade att råttor kunde hitta genvägar i labrynter med hjälp av mentala kartor, vet vi idag mycket mer om hur hjärnan (eller mer specifikt hippocampus), i djur och människor, använder mentala representationer av den fysiska verkligheten för att placera oss i ett sammanhang och för att vi ska hitta vägen (Moser & Moser, 2016; Nobelförsamlingen, 2016). Vi människor förefaller använda liknande typer av kartor för att representera sociala relationer så att vi kan orientera oss i vår sociokulturella gemenskap (se t.ex. Tavares, Mendelsohn, Grossman, Hamilton Williams, Shapiro, Trope & Schiller, 2015). Då är steget inte långt till att vår förståelse av olika begrepp och deras relationer också kan representeras av abstrakta nätverk (grafer, träd) av relationer i vår inre värld, som i s.k. "framework theories" (Vosniadou, 2008a).

Lärande uppstår, med det här synsättet, då våra erfarenheter av den yttre världen förändrar vår inre världsbild. Detta är de flesta forskare eniga om, men de har olika idéer om hur processen sker och följaktligen om hur den kan påverkas (Scott, Asoko & Leach, 2007). I modernare forskning har jag intrycket av att de mer kognitivt fokuserade teorierna som t.ex. "conceptual change" (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982), har närmat sig de teorier som fokuserar mer på sociala relationer (se t.ex. Vosniadou, 2008b). En annan riktning går mot s.k. "situerat lärande" som fokuserar mer på deltagande och undersökningsbaserad pedagogik (Scott m.fl., 2007), men enligt min åsikt kan vi inte bortse från den kognitiva utvecklingen när det gäller mindre barn. De flesta är numer överens

om att lärandeprocessen är komplicerad och att vår benägenhet att förändra vår inre värld beror på många faktorer t.ex. vår kognitiva nivå, våra uppfattningar om världsbildens ontologi, vår kunskapssyn och sociala och affektiva faktorer (Tyson, Venville, Harrison, & Treagust, 1996; Björling, 2012).

Vi är inte benägna (eller kapabla) att göra stora förändringar i vår inre värld, även om vissa s.k. ”kritiska punkter” i lärandet undantagsvis kan möblera om den rejält (Marton & Booth, 2000; Nilsson, 2001; Fransson, 2004; Björling, 2012). Lärandets nästa steg måste därför utgå från den inre värld vi redan har skapat oss (vår förförståelse). Eftersom naturvetenskapen, under de senast tvåhundra åren, utvecklats i en riktning som markant skiljer sig från de flesta barns (och även äldre människors) intuitiva vardagsförståelse är det en utmaning att hitta en lämplig progression för naturvetenskapligt lärande. Att skapa så stora förändringar av den inre världen kräver tid och utvecklingen av det naturvetenskapliga lärandet bör därför börja så tidigt som möjligt (Millar & Osborne, 1998). Tidig kontakt med naturvetenskapen tillför nya dimensioner som utmanar barnens vardagsförståelse och utvecklar deras inre värld.

### **Barn agerar som små forskare**

Orsak och verkan är en central ingrediens i vår förståelse av hur omvärlden fungerar. Utvecklingen av en sådan förståelse är fördelaktig ur ett evolutionärt perspektiv och vi människor har en enastående förmåga att hitta orsaker till skeenden (en ”kasualdrift”) som troligen är genetiskt programmerad (Gärdenfors, 2006). Vi är så starkt benägna att hitta orsaker att vi ibland går till överdrift och ser samband som inte kan styrkas vetenskapligt. Naturvetenskapens krav på att hypotetiska samband skall vara prövbara, kan ses som ett försök att vaccinera oss mot vår starka ”kasualdrift”.

På senare tid har man funnit att barn har ett betydligt bättre grepp om orsak och verkan än vad man tidigare trott (se t.ex. Piaget, 1930; Millar & Osborne, 1998; Sjöberg, 2002). Man har också påvisat att deras inlärning om hur omvärlden fungerar tillgår på ett sätt som liknar naturvetenskapliga metoder, t.ex. genom att barnen tolkar statistiska mönster och drar slutsatser från dem (Gopnik, 2010). I ett experiment där olikfärgade pingpongbollar plockas ur en genomskinlig låda (t.ex. 80% vita och 20% röda) har det visat sig att även mycket små barn verkar kunna göra statistiska analyser (Xu & Garcia, 2008). Redan vid åtta månaders ålder var barnet mer ”förvånat” (d.v.s. de tittade mer intensivt och längre) om utfallet var osannolikt (fyra röda och en vit boll) än om det var mer

förväntat (fyra vita och en röd). Vid 18 månaders ålder kan barn tolka ett osannolikt val som en preferens. När försöksledaren tidigare enbart plockat en typ av leksak som är i minoritet uppfattar barnet att den föredras framför de andra leksakerna. När sedan barnet uppmanas att ge försöksledaren en leksak plockar det ut minoritetsleksaken. I ett annat experiment där försöksledaren uttrycker avsky eller gillande för olika typer av mat erbjuder barn vid 18 månaders ålder försöksledaren den typ de uttryckt gillande för, medan barn vid 14 månaders ålder företrädesvis erbjuder den mat de själva tycker om (Gopnik, 2010). Vid 18 månaders ålder är således en begränsad förmåga att tolka andras avsikter utvecklad och de flesta två-tre åringar kan beskriva andras önskningar och göra en kausal koppling mellan andras önskningar och känslouttryck (Sodian & Kristen, 2010). De kan t.ex. koppla att en person som får sin önskan uppfylld blir glad.

Vi kan konstatera att barn utvecklar sin kunskap om orsak och verkan mycket tidigt, men nästa steg är att kunna agera utifrån sin kunskap om de kausala kopplingarna. Barnets förmåga att tillämpa slutsatserna om orsak och verkan visar sig genomgå en dramatisk utveckling som är knuten till barnets mognad när det gäller "theory of mind". Förmågan att representera, och tolka, slutsatserna verkar vara en avgörande faktor för barnets val av egen spontan intervention (Bonawitz, Ferranti, Saxe, Gopnik, Mettloff, Woodward & Schulz, 2010). Det finns nu flera undersökningar, inom olika fält, som visar att barn kan använda flera forskarliknande arbetsmetoder när de undersöker hur omvärlden fungerar (Schulz, 2012). De undersöker mer aktivt om resultaten är "förvånande" eller förbryllande. De kan vaska fram sannolika hypoteser och göra generalisationer samt förändra dessa i ljuset av resultatet av sina undersökningar. Kort sagt, de är programmerade att utforska sin omvärld på ett nästan naturvetenskapligt sätt. Barn i fyraårsåldern kan bena ut olika typer av komplicerade kausala kopplingar (riktade grafer eller baysianska nätverk) utifrån försöksledarens interventioner (Schulz, Gopnik, & Glymour, 2007). I fyra- till femårsåldern kan de ta med sig slutsatser från en domän till en ny, medan barn som är tre och ett halvt är begränsade till att dra slutsatser inom samma domän (Schulz, Bonawitz & Griffith, 2007).

Fastställandet av orsak och verkan är en central del av naturvetenskapliga studier, så det känns följdriktigt att låta de yngre barnen få studera och undersöka t.ex. kemiska processer och materias egenskaper. Tidigare avråddes den här typen av studier (till förmån för fri lek) med hänvisning till att yngre barn inte kunde tänka abstrakt (se t.ex. Piaget, 1930; Millar & Osborne, 1998; Sjöberg, 2002), men som jag har försökt

att visa behöver det argumentet förfinas. Vissa delar av barns abstrakta tänkande kommer tidigt. De naturvetenskapliga förklaringsmodellerna måste bara anpassas utifrån vår kunskap om barnens utvecklingsnivå. Orsak och verkan kan uppenbarligen introduceras tidigt. Hypotesprövning verkar också komma naturligt (Gopnik, 2011). Svårare begrepp som elektrostatisk växelverkan eller partiklars temperaturberoende rörelse kanske kan omformuleras på ett animistiskt sätt för att anpassas bättre till de små barnens nivå. Motsatt elektriskt laddade partiklar, plus och minus, ”vill” dras mot varandra eller partiklarna i en gas ”vill” röra sig fortare när temperaturen ökar. Även om användning av animism nästan är tabu inom naturvetenskap, menar jag att partiklarnas inneboende vilja enkelt kan substitueras mot mer abstrakta fysikalisk-kemiska drivkrafter när barnens utvecklingsnivå tillåter det.

### **Att lära sig av vuxna eller genom egna undersökningar**

Vi har konstaterat att barn är genetiskt programmerade och förmår att utforska både den fysiska yttre världen och den sociokulturella gemenskapen. Människobarnen har en lång mognadsperiod, där de är beroende av föräldrarnas vård, och en stor del av lärandet sker under överinseende av vuxna. I en lärandesituation där en vuxen visar barnet något, t.ex. hur en leksak fungerar, utgår barnet från att den vuxne visat alla användningsområden och kommer att undersöka leksaken i mindre utsträckning än om leksaken överlämnats utan introduktion (Bonawitz, Shafto, Gweon, Goodman, Spelke & Schulz, 2011). Att inte göra onödiga undersökningar skulle å ena sidan kunna vara en fördelaktig evolutionär genväg. Å andra sidan kan barnet välja att utöka sina undersökningar om den vuxnes introduktion visar sig vara bristfällig (Schulz, 2012). Slutsatsen blir att pedagogik är ett ”dubbeleggat svärd”. Pedagogik blir till en fördel bara om inga viktiga detaljer utelämnas, detaljer som barnet kanske hade upptäckt om de hade fått undersöka på egen hand. Balansen mellan förevisning och att uppmuntra eget upptäckande blir pedagogens uppgift. Öppensinnad och kritisk observation är en av naturvetenskapens hörnstenar och bör uppmuntras under pedagogens överinseende. Barn behöver hjälp med utvecklingen av ett kritiskt förhållningssätt till sina observationer. Genom exempel kan pedagogen visa hur våra sinnen ibland bedrar oss och därigenom leda barnen mot mer objektiva observationer som att t.ex. mäta med linjal eller väga med våg.

## Intuition och magkänsla

Barnens möjligheter till naturvetenskapligt lärande beror inte bara på utvecklingen av de specifika kognitiva färdigheter som diskuteras ovan, utan även på vissa generella aspekter av hur vi använder våra kognitiva processer. I sin bok "Tänka, snabbt och långsamt", beskriver Kahneman (2012) hur människors tänkande som process kan delas in i två parallella system: System 1 som är snabbt och intuitivt och System 2 som är långsamt och reflekterande. Indelningen är egentligen en förklaringsmodell som prövats fram i psykologiska experiment, men när det gäller synsinnets är samma indelning även reflekterad i hjärnans hårdvara. Från ögats näthinna går nämligen två åtskilda system av nervbanor med olika information till hjärnan (Livingstone, 2002). Det ena, "Where"-systemet som liknar System 1, innehåller information om kontraster och rörelser och kan processas snabbt. En snabb tolkning av den informationen ger oss möjlighet att upptäcka, och förhoppningsvis undvika, en potentiell livsfara som ett attackerande rovdjur eller ett fallande föremål. Evolutionärt har detta system sitt ursprung långt tillbaka i utvecklingskedjan och rent fysiologiskt finns det stora likheter mellan människor och djur. Det andra systemets information, "What"-systemet som påminner om System 2, processas långsamt och i en annan del av hjärnan. Till skillnad från "Where"-systemet som bara innehåller svart-vit information, ger "What"-systemet färgseende och möjlighet att känna igen former och ansikten. Fysiologiskt hittar vi "What"-systemet företrädesvis bland primaterna och vi kan spekulera i att vårt färgseendet utvecklades för att bedöma frukters mognad.

System 1 motsvarar det vi i dagligt tal kallar för intuition, vardagsförståelse eller magkänsla som vi använder för att fatta snabba rutinbeslut som grundar sig på vår förförståelse och på olika uppsättningar förenklande "regler" vi skapat i vår inre värld (Kahneman, 2012). Evolutionärt torde det vara fördelaktigt att kunna fatta snabba beslut i ett slags tomgångsläge som tär mindre på våra resurser, t.ex. arbetsminne eller energilagrar, än det mer reflekterande System 2. Det visar sig nämligen att System 2 uppträder mer eller mindre arbetskyggt – vi kopplar bara på det om vi är absolut tvungna.

## Naturvetenskap kräver reflektion

Vår motvilja att använda det långsamma och reflekterande System 2 leder vårt resonemang fel i många sammanhang (Kahneman, 2012). För att ge ett exempel kan du fundera över följande fråga<sup>2</sup>: "Två personer, A och B, ska dela på 110 kr. A ska få 100 kr mer än B. Hur

2 Fritt efter Kahneman (2012), där frågan var en delning av US\$1.10.



delade de?” Ett svar som snabbt presenterar sig i de flestas huvuden är att A får 100 kr och B får 10 kr, men det är uppenbart fel. De flesta, även välutbildade naturvetare, kommer svara så och bli lite förvånade när de har fel. Det beror troligen på att de är mindre engagerade i problemet, än de skulle vara om de själva var personen A, och därför väljer de att använda System 1. Det korrekta svaret är att A skall få 105 kr och att B skall få 5 kr.

Vår intuitiva vardagskunskap förleder oss ganska ofta när det gäller naturvetenskapliga frågeställningar. De israeliska forskarna Stavy och Tirosh (2000; Tirosh & Stavy, 1999) lanserade tidigt idén att en del missuppfattningar om naturvetenskapliga fenomen hos barn och vuxna berodde på tillämpningen av intuitiva regler som System 1 upplever som logiska och generellt användbara, t.ex. (a) Allt kommer till ett slut; (b) Allt kan delas; (c) Mer av A medför mer av B; (d) Lika A medför lika B; (där A och B är olika mätbara egenskaper). En oreflekterad användning av dessa intuitiva regler krockar däremot med naturvetenskapliga begrepp. Betänk att naturliga tal inte tar slut och att elektronen inte är delbar. Dessutom har en stor stock inte högre densitet än en liten pinne och objekt vars yta har lika area kan ha olika volym. I många fall fungerar dock reglerna utmärkt. En större stock har större massa och större volym samt innehåller fler molekyler och mer energi, d.v.s. regel c) stämmer för extensiva storheter. Intensiva storheter (som är oberoende av mängd) har vi svårare att hantera intuitivt och vi drar ofta felaktiga slutsatser i sådana sammanhang.

Naturvetenskapligt lärande, både när det gäller barn och vuxna, förutsätter alltså att det långsamma och reflekterande System 2 kopplas på. Genom styrda lärandesituationer kan pedagogen öka chanserna för att barnen ska inta reflekterande förhållningssätt. I princip handlar det om olika metoder för att ge barnen möjlighet till tid för reflektion. Gibbons (2013) förespråkar att pedagogen medvetet talar långsamt och ger barnen lång betänketid. Ett annat sätt är att barnen får ställa en hypotes om utfallet innan de utför ett experiment. Arbetet med hypotesen blir som en signal för att koppla på System 2 och med tiden blir, enligt min mening, resonemanget kring alternativa hypoteser alltmer reflekterande. Hypoteser är också en central ingrediens i naturvetenskaplig metod, men även om jag tycker att det är av underordnad betydelse, slår arbetssättet så att säga två flugor i en smäll.

## Innehåll med fokus på kemi för de yngre åren

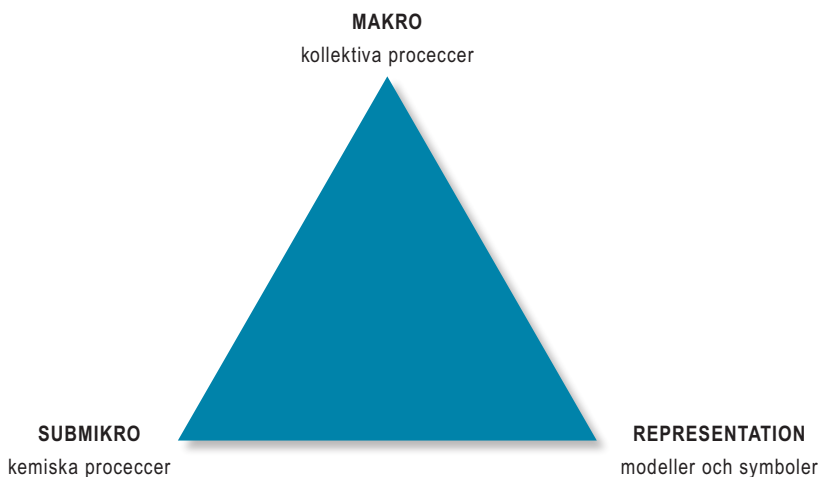
### De ämnesdidaktiska frågorna

Eftersom vår vardagskunskap vilseleder oss i naturvetenskapliga frågeställningar finns det mycket att vinna på att utmana vardagskunskapen på ett tidigt stadium, även om barnen inte skulle vara redo för det (Millar & Osborne, 1998). Mitt tidigare resonemang i kapitlet argumenterar för en mer nyanserad bild av barnens kognitiva begränsningar och att barnen är mer än redo att få erfarenheter av naturvetenskap i sina yngre år. Med detta i åtanke, övergår jag till ett kemididaktiskt perspektiv och diskuterar olika aspekter av kemikunskap utifrån det. Kunskap om barnens begränsningar leder oss ofelbart in på frågor om vad vi kan presentera och när vi kan göra det. I en sådan fundering om progression är det praktiskt att utgå från de s.k. ämnesdidaktiska frågorna: När? Vad? Hur? Varför? Den kognitiva inriktningen på diskussionen ovan har främst kommit in på När- och Vad-frågorna (och lite Hur).

Innan vi fortsätter att fundera mer kring kemididaktik, vill jag dröja vid frågan om varför vi bör undervisa i kemi överhuvudtaget. Ofta förespråkas naturvetenskap som en nödvändig allmänbildning, där den engelska termen "scientific literacy" ibland används (Sjøberg, 2010; National Research Council, 1996). Jesper Sjöström (2013, 2012) betonar på ett liknande sätt en kritisk-demokratisk bildning där undervisningen inte bara fokuserar på kemiska ämneskunskaper. Den bör även inkludera metakunskaper om vetenskapens natur och kemins roll i samhället på ett sätt som både framhäver nyttor och risker med kemi och dess tillämpningar. Lederman (2007) har också visat att undervisning i ämnets teori och praktik inte automatiskt leder till metakunskaperna, utan dessa måste diskuteras explicit i klassrummen. Liknande sociokulturella perspektiv på naturvetenskapligt lärande framförs även i andra sammanhang, t.ex. hur fokus bör ligga på elevernas lärande *om* naturvetenskap istället för att de ska *bli* naturvetare (Gilbert, 2001). Gemensamt för dessa idéer är tanken om ett fostrande av kritiskt tänkande medborgare som kan ta informerade och rationella beslut för samhällets bästa.

Grundidén om den "rationella människan" bör dock revideras eftersom vi inte alltid agerar förnuftigt och ändamålsenligt (Kahneman, 2012). Det krävs både kunskap och att vi faktiskt kopplar på vårt rationella tänkande, System 2, för att fatta rationella beslut. Naturvetenskapligt lärande kan, enligt min mening spela en dubbel roll: dels erbjuder den en nödvändig förståelse av omvärldens processer och dels gör den oss medvetna om vår bristande rationalitet. Kemiska processer som utmanar vår vardagsförståelse oftare än andra vetenskaper blir då särskilt relevanta för ett sådant lärande.

## Kemins didaktiska triangel



Figur 1. Kemins didaktiska triangel (fritt efter Rignes & Hannisdal, 2006)

Till skillnad från beskrivningar i biologi och fysik sker kemiska processer huvudsakligen på molekylär eller atomär nivå och behöver följaktligen beskrivas i nanometerskala eller mindre. Det betyder bl.a. att vi inte ens kan se dem i ett ljusmikroskop (därav submikro i Figur 1) och att vi i större grad hänvisas till representationer (modeller och symboler) för visualisering av kemiska processer. På makronivå ser vi däremot resultatet av väldigt många samtidigt processer (kollektiva processer), vilket blir en komplexitet i sig. Ett av kemins didaktiska dilemman är att pedagogen måste vara medveten om, och mycket tydlig med, vilken nivå som beskrivs. De förenklade modeller som används avbildar dessutom bara vissa utvalda egenskaper av det "verkliga" systemet och därför behövs flera olika kompletterande modeller. Det kan leda till förvirring eller frustration om pedagogen pendlar mellan olika beskrivningsnivåer och förklaringsmodeller utan förtydliganden. I lärande om kemi bör vi alltså framhålla att vi använder modeller. Istället för repliken "det här är en vattenmolekyl", när vi skriver  $H_2O$  eller håller fram en molekylmodell, kan vi istället säga "det här är en modell av vattenmolekylen" som visar antalet atomkärnor eller hur atomkärnorna är placerade.

## Bärande idéer

I det här kapitlet ligger tonvikten på kemi för de yngre åren, men jag menar att robusta modeller som överlever utvecklingen av lärandet mot mer avancerade teorier är viktiga. Ett fokus på bärande idéer är ett sätt att försöka göra ramverket i våra inre världar mer robust. Lärarutbildarna Areskoug, Ekborg, Lindahl & Rosberg (2015a) föreslår t.ex. följande centrala bärande idéer om materia (för årskurserna F-6): materia är oförstörbart, den kan varken skapas eller förintas, men den kan omvandlas på olika sätt; All materia är uppbyggd av partiklar. Som bärande idéer för gymnasiet och uppåt föreslår Claesgens, Scalise, Wilson & Stacy (2008): materia består av atomer som sitter ihop på olika sätt; förändring är kopplad till omfördelning av atomer; energiändringar är kopplade till de materiella förändringar som sker.

Enligt min mening behöver dessa förslag problematiseras och modifieras eftersom de har brister: a) Materias oförstörbarhet är t.ex. en "sanning" med modifiering som propageras i läroböcker på alla nivåer. Kärnreaktioner är ett särskilt tydligt exempel som visar att materia inte är oförstörbart eftersom en del materia då omvandlas till energi, eller vice versa. b) Kemiska reaktioner är förändringar som är kopplade till omfördelning av atomer, medan kemiska ämnens fasomvandlingar mellan gas, vätska, och fast form inte är det. c) Att gaser sprider ut sig är en förändring som inte är kopplad till en ändring i energi. d) Materia är förvisso uppbyggd av atomer, men atomerna påverkas så starkt av de andra atomerna att byggsatsbilden inte riktigt leder rätt. En alternativ bild som kan inkorporera atomernas ömsesidiga påverkan är att betrakta materia som uppbyggd av atomkärnor och elektroner. Dessutom kräver modeller av materia på atomär nivå egentligen beskrivningar baserade på kvantmekanik som ligger mycket långt från vardagskunskapen. e) Användningen av ordet "partikel" är förvirrande eftersom det används i vitt skilda kontexter, t.ex. för elementarpartiklar, atomer, molekyler m.m.

En gyllene medelväg blir att betona idén att materia är uppbyggt av kemiska ämnen i första hand (Wickman & Persson, 2008, s. 94-96; Johnson & Tymms, 2011). Begreppet kemiskt ämne, d.v.s. konstant kemisk sammansättning och karakteristiska egenskaper, har varit centralt i kemi i mer än hundra år (Johnson & Tymms, 2011). En fördel med begreppet är valmöjligheten att koncentrera oss på hur ämnet beter sig (ämnets karakteristiska egenskaper) eller på beskrivningen av ämnet på en atomär nivå (ämnets specifika sammansättning). Därför anser jag den bärande idén vara att materia består av kemiska ämnen; en idé som har potential hela vägen från förskole- till universitetsnivå. Materias omvandlingar kan ur ett ämnesperspektiv delas in i två förenklade kategorier: omvandlingar då ämnen bevaras respektive inte bevaras. I det

senare fallet bildas nya kemiska ämnen genom kemiska reaktioner. I kärnreaktioner bevaras inte ens atomkärnorna, men i de flesta kemiska reaktioner bildas nya kemiska ämnen genom en omfördelning av atomkärnor och elektroner. Exempel på omvandlingar där ämnen bevaras är byte av aggregationsformer (gas, vätska, fasta faser) och många fall av deras upplösning i ett annat ämne (lösningsmedel).

Att energi bevaras, men kan omvandlas till olika energiformer, är en robust utgångspunkt i alla analyser av förändringar och processer (Andersson, 2011). Energiperspektivet är speciellt viktigt i förståelsen kemiska processer och har en given plats bland de bärande idéerna, även på ett tidigt stadium. En annan viktig synpunkt är de begränsade möjligheterna till förändring eftersom de tillåtna förändringsriktningarna avgörs av naturens drivkrafter. Det senare uttrycket syftar egentligen mot termodynamiska drivkrafter, men i det här sammanhanget vill jag inte gå för djupt in på detta spår. Notera dock detta: partikelmodellen är ett verktyg för introduktion av termodynamiska drivkrafter i förklaringsmodellerna genom att de hårda partiklarna rör sig och attraherar varandra. Attraktionen har sitt ursprung i atomkärnornas positiva och elektronernas negativa elektriska laddning. Därför föreslår t.ex. Stevens, Delgado & Krajcik (2010) att elektrostatisk växelverkan bör ingå i de bärande idéerna. Här förenklar jag resonemanget till det generiska begreppet ”naturens drivkrafter”.

Nedan presenteras en sammanfattning av mina förslag till *bärande idéer* för lärande i kemi som jag tror har potential från förskole- till universitetsnivå.

- 1 Materia består av kemiska ämnen
  - a) Ett kemiskt ämne är en mycket liten enhet (submikro) med karaktäristiska egenskaper och en specifik sammanställning av atomkärnor och elektroner
  - b) Materias makroskopiska egenskaper är resultatet av ett samspel mellan ett mycket stort antal enheter
- 2 Materia kan omvandlas på olika sätt. Omvandlingarna kan ur ett ämnesperspektiv delas in i två kategorier: Omvandlingar där
  - a) ämnet bevaras
  - b) ämnet inte bevaras (kemiska reaktioner)
    - i. atomkärnor och elektroner bevaras men omfördelas
    - ii. atomkärnor inte bevaras (kärnreaktioner)
- 3 Alla förändringar är inte möjliga
  - a) Energi ska bevaras, men kan omvandlas mellan olika energiformer
  - b) Naturens ”drivkrafter” avgör i vilken riktning en förändring kan ske

## Kemi från ett till fyra år

Under den första tiden i förskolan bör fokus ligga på att barnen ska få uppleva och upptäcka kemi i omvärlden och få beskriva den med ord. Det praktiska arbetssättet ger många tillfällen till att berika språkförståelsen, t.ex. prepositioner (i, på, framför, bakom, före, efter, ...), substantiv (vatten, is, metall, eld, gas, luft, ...), adjektiv (blänker, kall, varm, färgad, hård, flytande, ...), och verb (rinner, fryser, avdunstar, torkar, ...). Det går också att visa på hur ord används olika i olika kontexter (Markic, Broggy & Childs, 2013) och påpeka att de ibland kan ha olika betydelser, t.ex. så betecknar ordet ”glas” både materialet glas och ett dricksglas (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994). Ett ämne som vatten kan ha olika namn (is, snö, regn, bäck, å) beroende på var, när och hur det upplevs. Samtalet med elever om materia underlättas om öppna och produktiva frågor används av pedagogen, d.v.s. frågor som inbjuder till olika svar respektive förnyade undersökningar (Harlen, 1993; Harlen, 1996).

De bärande idéerna jag önskar lyfta fram på den här nivån är att materia består av kemiska ämnen och det faktum att materia kan omvandlas. Mitt förslag är att, på den här nivån med mycket unga elever, framförallt titta på materieomvandlingar där ämnen bevaras för att ytterligare tydliggöra begreppet kemiskt ämne. Cykliska förlopp som kan visa att ämnet finns kvar är bra aktiviteter, t.ex. att omväxlande frysa och smälta vatten eller att lösa salt i vatten och låta vattnet avdunsta och lämna kvar saltkristallerna. I undantagsfall kan kemiska reaktioner tas upp i vardagssituationer där de dyker upp, men bör då alltid kontrasteras mot de omvandlingar då ämnet bevaras eftersom den bärande idén att materia består av kemiska ämnen utgör en kritisk punkt i lärandet (Wiser & Smith, 2008). Där det är möjligt kan naturvetenskapliga benämningar användas i beskrivningarna och gärna uttryckt på alternativa sätt. Vatten i flytande form (eller som vätska) kan frysa (eller stelna) till is (eller fast fas). Samtalet är primärt, medan förklaringsmodellerna är sekundära och anpassas efter nivån. På vintern då temperaturen tillåter kan t.ex. omvandlingarna mellan is (eller snö) och vatten undersökas och diskuteras. Diskussion om orsak och verkan gillas! Så här kan fragment ur ett sådant samtal låta: Vatten ”fryser” (”stelnar”) till is när det är tillräckligt kallt ute. Is och snö smälter till vatten när det är tillräckligt varmt. Vatten strävar efter att rinna neråt. Det är vatten i regndroppar, snöflingor, hagel, vattenpölar, brunnar, bäckar, åar, floder, och hav. Barnen bör få undersöka många olika material, ämnen och blandningar av ämnen i sin omgivning. I linje med Läroplanen för förskolan (Skolverket, 2011) passar det bra att diskutera återvinning och återanvändning av kemiska ämnen och barnen kan delta i sopsorteringsaktiviteter. Exempel på frågor om

kemiska ämnen och material är: Hur beskriver du det kemiska ämnets egenskaper? Hur kan du skilja ett ämne från ett annat? Hur passar de ihop? Hur passar de inte ihop? Vad tycker du att materialet skulle kunna användas till? Hur kan du få ämnet att förändras? Kan materialet brytas sönder (och i hur små bitar)? Vad händer med materialet då det blandas med vatten eller värms upp (förändras det eller inte)? (Sjöström, 2012; Merino & Sanmarti, 2008; Chaillé & Britain, 2004)

En annan kritisk punkt i lärandet är att materia kan finnas utan att synas. Hur skulle detta kunna konkretiseras? Enligt variationsteorin behöver läraren erbjuda många olika exempel där den kritiska punkten berörs (Marton & Booth, 2000). I ett exempel försvinner, till synes, en sockerbit när den löses upp i ett glas vatten, men då kan barnet med ett sugrör suga lösning från botten av glaset och smaka hur sockret finns där ändå. Samma experiment kan utföras med andra ämnen som smakar (t.ex. salt) och/eller syns (med hjälp av saft eller karamellfärg). Ett annat exempel går ut på att pedagogen visar hur luft är ”något” genom att han eller hon blåser på en snurra eller stänger in luften (t.ex. i en påse) och konkretiserar att luft tar plats.

Säkert kan fler än jag föreställa sig det lämpliga i att introducera begreppet gas i det här sammanhanget och kontrastera det mot begreppet luft, t.ex. kan andra gaser som inte heller syns konkretiseras genom att pedagogen använder luktsinnet tillsammans med de små. I samband med dessa aktiviteter skulle pedagogen även kunna introducera idén att kemiska ämnen är ytterst små och osynliga enheter som det behövs många tillsammans av för att de ska synas. Gas är då ett exempel där det finns så få enheter i närheten av varandra att de inte syns, medan det i vätska och fast fas är många enheter som samlat sig nära varandra. Huvudpoängen är att visa hur osynliga gaser ”finns” eftersom de kan påvisas med lukt eller genom att låta gasen kondensera till vätska. Ur ett annat perspektiv är de här experimenten, som visar på brister i synsinnets, ett första steg mot ifrågasättandet av våra sinnen.

Praktiska övningar kan vara lustfyllda sätt att presentera olika kemiska ämnen, material, processer och naturvetenskapliga fenomen. Men dessa aktiviteter fyller även andra funktioner, än kemiskt lärande, eftersom barnen upplever att de får makt över sitt eget lärande i det experimenterande arbetssättet (Andersson & Gullberg, 2012). Pedagogens kompetens inom det naturvetenskapliga fältet är mindre viktig än lyhördheten inför barnen. Andersson & Gullberg (2012) lyfter fram följande pedagogkompetenser: uppmärksammar och använder barnens förförståelse; är lyhörd inför att fånga kemin som dyker upp i vardagssituationerna; ställer frågor som utmanar barnen, samt stimulerar diskussion och fortsatta undersökningar; tar sig tid att vila i situationen och lyssnar på barnens samtal och deras egna förklaringar.

## Kemi från fyra till sju år

Det som beskrivs ovan vad gäller förhållningssätt kan tillämpas även på den här nivån och detsamma gäller många av aktiviteterna. Det som tillkommer är barnens möjligheter att utveckla tänkandet om representationer och modeller (se ovan). Diskussionen om gaser kan därmed fördjupas genom att barnen kan jämföra det kemiska ämnets osynliga enheter med extremt små studsballar som flyger omkring och studsar mot varandra och mot andra hårda ytor. Detta blir en enkel förklaringsmodell över gasers och gasblandningars egenskaper. Gasblandningar består av olika sorters studsballar (olika kemiska ämnen) och när gaser tar "plats" (d.v.s. gastrycket) är det en följd av att studsbollarna krockar med väggarna och tvingar dem utåt. Gasers enheter sprider ut sig, om vi inte stänger in dem med väggar, därför att studsbollarna rör sig (flyger) åt alla håll. Här passar det också att vidareutveckla begreppet energi genom att diskutera energiprincipen och begreppen rörelseenergi, värmeenergi, värmeöverföring, temperatur, och värmekapacitet. Det senare begreppet introducerar egenskapen att materia kan lagra värmeenergi. Ju högre temperatur ett material har desto mer värmeenergi är lagrad. I den enkla studsbollsmodellen blir det tydligt att tillförsel av värmeenergi ger en ökning av rörelseenergin, vilket naturligt kopplar ökad temperatur till hastigare rörelser. Följaktligen blir det också förhållandevis enkelt att förklara gasers värmeutvidgning som en tryckökning när hastigheten i kollisionerna mot väggarna ökar.

Det gäller dock att tydligt sära på begreppen genom att diskutera dem ur olika synvinklar. I vardagligt tal säger vi t.ex. att ett metallobjekt känns "kallt" och ett frigolitobjekt känns "varmt" även om objekten har samma temperatur, men "kall" och "varm" kan också referera till en relativ temperaturskillnad. Vardagsorden skapar här en sammanblandning av begreppen värmeöverföring och temperatur. Värt att resonera om i lärarrummet är också hur man genomför experimenten på ett varierat sätt utan onödiga förenklingar. Ett experiment som ofta föreslås för att illustrera gasers "vikt" (d.v.s. massa) är att balansera två uppblåsta ballonger i varsin ända av en pinne och sedan försiktigt sticka hål på den ena ballongen (det görs i det mörkare området på toppen av ballongen) så att luften pyser ut (Areskoug m.fl., 2015b). Balansen bryts och den ballong som fortfarande är uppblåst tynger ner. Det är emellertid inte helt oproblemiskt att tolka utfallet av experimentet (a.a.). Problemet kan tydliggöras genom att göra ett likadant experiment med två heliumballonger. Balansen bryts, men den ballong som fortfarande är uppblåst lyfter istället uppåt. Det ger oss vinken om att experimentet i själva verket undersöker densitetsskillnader (inte vikt!) och gasers densitet



beror både på trycket och på det kemiska ämnets (studsbollens) massa. Låt mig istället beskriva ett experiment som kopplar tydligare till gasers massa: Väg en öppen läskflaska på en våg, släpp sedan försiktigt ut övertrycksgasen (utan att vätskan följer med) och väg igen. Experimentet kan upprepas efter omskakning (och en kort väntan) flera gånger tills inget övertryck längre genereras. Resultatet blir en följd av viktminskningar som successivt avtar och tydligt visar att den utsläppta gasen har massa. (Notera att begreppet kemisk jämvikt också kan illustreras med det här experimentet.)

Vägning ingår i utvecklingen av ett naturvetenskapligt arbetssätt där våra sinnen kompletteras med naturvetenskapliga mätmetoder: väga, mäta längd, mäta volym, mäta kraft, mäta temperatur o.s.v. Att våra sinnen inte är riktigt tillförlitliga kan t.ex. illustreras av experimentet med tre vattenhinkar (låg, medel och hög temperatur) där en person håller var och en av sina händer i låg respektive hög vattentemperatur och flyttar sedan båda till hinken med rumstemperatur. Resultatet blir att händerna inte upplever vattnet vid rumstemperatur på samma sätt. När det gäller hypotesarbetssättet (se ovan under Naturvetenskap kräver reflektion) bör det introduceras på den här åldersnivån, om det inte kunnat göras tidigare. Framförallt som en träning att stanna upp och använda sina nyvunna färdigheter i rationellt tänkande, eftersom själva arbetssättet med prövande av hypoteser verkar vara medfött.

Häggström (2006) introducerade ”luftmolekyler” i en förskoleklass (6-7 år) och använde en studsbollmodell för att förklara luftens egenskaper. Barnen fick sedan rita sin egen bild av luftmolekyler och i intervjuerna framkom att de hade tagit till sig av modellen och kunde använda den, även om studsbollarna ofta gavs animistiska drag. Löfgren & Helldén (2006) introducerade molekyler från sju års ålder och visade att begreppet användes i diskussioner om gaser och materieomvandlingar som involverar gaser, men mer sällan i andra sammanhang t.ex. förmultning. Det finns alltså ytterligare stöd, utöver de nya rönen om barnens kognitiva nivå, som talar för en tidig introduktion av materias minsta beståndsdelar (Häggström, 2006; Löfgren & Helldén, 2006; Helldén, Jonsson, Karlefors & Vikström, 2010).

Vi har nu gått igenom gaser egenskaper med utgångspunkt från vår studsbollmodell och nu följer till slut en utvidgning av den till en enkel partikelmodell när vi låter studsbollarna attrahera varandra. Jag menar att vi redan på denna nivå, fyra till sju år, kan närma oss de svårare materieomvandlingarna utifrån en utvidgad studsbollmodell. Med den mentala bilden att vätska bildas när ”studsbollarna” i gasen ”hellre vill” vara nära varandra, krävs uppenbarligen attraktion mellan studsbollarna

som en drivkraft för att de ska samla ihop sig. Attraktionskraft som verkar mellan studsbollarna (utan att de behöver röra vid varandra) är dock ett avsevärt tankehop. De flesta barnen har dock erfarenhet av magneter i leksaker som ett exempel på en kraft som verkar på ett visst avstånd. Tyvärr leder den analogin fel eftersom attraktionskraften mellan studsbollarna beror på samverkande elektriska laddningar istället. Som en motvikt till erfarenheterna av magnetism, föreslår jag därför att erfarenhet av statisk elektricitet lyfts fram på denna nivå, d.v.s. enkla elektrostatiska krafter: elektrisk laddning (plus och minus) och elektroneutralitet. En alternativ förklaringsbild av attraktionskraft skulle kunna vara att betrakta hur studsbollarna ”vill” vara nära varandra och hur tillförsel av energi krävs för att dra isär dem. Energiprincipen ger oss då att energi måste frigöras när studsbollarna kommer närmare varandra. Kopplingen till energi låter oss utvidga resonemanget (om gaser) till temperatur och lagrad värmeenergi i gas, vätska och fast fas. Vi kan därmed fundera över energiförändringar vid fasomvandling, avdunstning och kondensation och i förlängningen smältning och stelning. Som bekant är vissa ämnen mer flyktiga än andra och hur kan vi förklara det? På den här nivån kan vi antingen diskutera hur attraktionens styrka skiljer sig mellan ämnen eller hur olika mycket energi krävs för att en studsboll ska kunna slita sig loss från de andra. Den här diskussionen kan sedan utvecklas i grundskolan som förklaringsmodell för löslighet.

Enligt Lpfö98 (reviderad av Skolverket, 2010) ska förskolan sträva efter att varje barn ska utveckla sin förståelse om kemiska processer. Förbränning, nedbrytning och fotosyntes är exempel på några typer av kemiska reaktioner som enligt mig bör uppmärksammas i förskolan när de dyker upp i vardagen. Vid kemiska reaktioner bildas alltid nya ämnen i kontrast mot den andra klassen av materieomvandlingar där det kemiska ämnet bevaras. Diskussionen föreslås följa två spår: energibalans och kemiska ämnens natur. Med energibalans menar jag användning av energiprincipen när kemiska ämnens förmåga att lagra ”kemisk energi” introduceras. Fotosyntesen är ett angeläget exempel att ta upp. Växter (producenter) använder solens strålningsenergi för att konvertera koldioxid och vatten till kemiska ämnen som de behöver. Produkterna lagrar mer kemisk energi än råvarorna, d.v.s. strålningsenergi omvandlas till kemisk energi. Vid förbränning omvandlas kemisk energi slutligen till värmeenergi och nya råvaror. Det gäller både förbränning i eld och i konsumenternas förbränning av sin föda.

När det gäller kemiska ämnens sammansättning kan den bärande idén vara att deras egenskaper skiljer sig åt beroende på att de är uppbyggda av olika byggstenar eller att byggstenar sitter ihop på olika sätt. Här kan mycket enkla strukturmodeller användas för att diskutera olikheter. De enda komponenter som behövs är något sätt för hopkoppling av byggstenar (tandpetare, pinnar, fysisk kontakt) och möjlighet att använda olika byggstenar; bara fantasin sätter gränser för vad som kan användas. En av mina studenter föreslog ett intressant experiment, baserat på legobitar. I experimentet fick barnen påsar med legobitar som de skulle använda för byggprojektet, men påsarna innehöll olika sorters legobitar. En del innehöll bara de traditionella rektangulära bitarna medan andra innehöll en större andel specialbitar t.ex. hjul. Först fick barnen i uppgift att bygga ett hus. Det gick lite bättre för barnen med rektangulära bitar. Sedan fick barnen i uppgift att bygga en bil, och då var det lättare för barnen med specialbitarna. Jag vill genom det här exemplet visa på att olika byggstenar är bra för olika ändamål. Ett annat experiment skulle kunna vara att bygga ihop ett fastställt antal mjuka byggstenar med tandpetare och därpå diskutera skillnader i hur de kan sammansättas till olika strukturer.

Skulle frågan om atomer komma upp i samtalet med eleverna, förespråkar jag att de förklaras summariskt som olika samverkande byggstenar som kan bilda kemiska ämnen. Jag vill bestämt avråda från att använda Bohrs atommodell som en bild av hur atomer är uppbyggda. Den är främst avsedd för att, på ett förenklat sätt, diskutera elektronernas energier och deras kvantiserade nivåer och påvisar inte hur atomer ”ser ut”. Elektromolnet runt den positiva atomkärnan tycker jag är en bättre modell och den kan användas upp till universitetsnivå. Den senare bilden skulle kunna utvidgas till en bild av kemiska ämnen där elektromolnet omger de atomkärnor vilka ämnet består av. Atomer och kemiska ämnen är elektroneutrala, d.v.s. det finns lika många negativt laddade elektroner som det finns positivt laddade protoner i atomkärnorna. Den viktigaste aspekten av elektromolnetmodellen är att elektronerna befinner sig ytterst och det är de som kommer i kontakt när atomer eller ämnen hamnar nära varandra. Förenklat kan vi också säga att huvudfokus för kemiska undersökningar är det som händer när de yttre elektronerna får kontakt. På samma sätt skulle statisk elektricitet kunna förklaras av att det är de yttre elektronerna som temporärt väljer att hoppa mellan olika kemiska ämnen.

## Slutsatser

I det här kapitlet har jag velat argumentera för en introduktion av naturvetenskap och kemi i förskolan. Barn är synnerligen mottagliga för det naturvetenskapliga tänkesättet i den åldern och de har ofta en stark drivkraft för att undersöka processer och material i sin omgivning. Det finns naturligtvis kognitiva begränsningar, vilket pedagogerna är medvetna om, men de hindren betyder inte att naturvetenskap ska få vänta till mycket högre studie-nivåer; snarare tvärtom. Naturvetenskap visar sig utmana vardagskunskapen i högre utsträckning än andra ämnesområden. Att lära sig naturvetenskap tar lång tid, vilket ytterligare talar för en tidig introduktion av ämnet och dess metoder. Det naturvetenskapliga arbetssättet (praktiska undersökningar och experiment) ger också andra positiva effekter i förskolemiljön, t.ex. att barnen upplever hur de får makt över sitt eget lärande.

Gällande naturvetenskapligt innehåll i förskolan har jag fokuserat på bärande idéerna inom kemi och exemplifierat med ett antal förslag på aktiviteter. En huvudtanke är att dessa bärande idéer och förklaringsmodeller även håller för undervisning på högre nivåer. Läran om naturvetenskap och undervisning av naturvetenskap har icke att förglömma olika ändamål och detta kommer alltid leda till olika kompromisser som var och en bör prövas empiriskt. Viss forskning stöder mina förslag, men i princip är naturvetenskap i förskolan ett begynnande forskningsfält.

## Referenser

- Andersson, B. (2011). *Att utveckla undervisning i naturvetenskap – kunskapsbygge med hjälp av ämnesdidaktik*, Lund: Studentlitteratur.
- Andersson, K., & Gullberg, A. (2012). What is science in preschool and what do teachers have to know to empower children? *Cultural Studies of Science Education*. doi:10.1007/s11422-012-9439-6
- Areskoug, M., Ekborg, M., Lindahl, B. & Rosberg, M. (2015a) *Naturvetenskapens bärande idéer*. Lund: Gleerups.
- Areskoug, M., Ekborg, M., Nilsson, K. & Sallnäs, D. (2015b) *Naturvetenskapens bärande idéer i praktiken – Metodik för lärare F-6*. Lund: Gleerups.
- Björbling, M. (2012) Att ändra sin förståelse – exemplet faser och fasövergångar. I Fransson & Hammarström (Red.) *I mötet mellan vetenskap och lärande – 13 högskolepedagogiska utmaningar*. Gävle: Gävle University Press.
- Bonawitz, E. B., Ferranti, D., Saxe, R., Gopnik, A., Mettloff, A. N., Woodward, J., & Schulz, L. E. (2010). Just do it? Investigating the gap between prediction and action in toddlers' causal inferences. *Cognition*, 115 (1), 104-117.
- Bonawitz, E., Shafto, P., Gweon, H., Goodman, N. D., Spelke, E. & Schulz, L. (2011). The double-edged sword of pedagogy: Instruction limits spontaneous exploration and discovery. *Cognition*, 120 (1), 322-330.
- Chaillé, C. & Britain, L. (2004). *The Young Child as Scientist – A Constructivist Approach to Early Childhood Science Education*. 3:e uppl. London: Pearson.
- Claesgens, J., Scalise, K., Wilson, M. & Stacy, A. (2008). Mapping Student Understanding in Chemistry –The Perspectives of Chemists. *Science Education*, 93, 56-85.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas*. London: Routledge.
- Elfström, I., Nilsson, B., Sterner, L. & Wehner-Godée, C. (2008). *Barn och naturvetenskap – upptäcka, utforska, lära*. Stockholm: Liber.
- Fransson, G. (2004). "Reflektion, lärande och kompetensförståelse. Aspekter av högskolelärares professionalism", in S. Dahlström and G. Fransson, (eds.), *Kunskap & Lärande i den högre utbildningen – lärarreflexioner från praktiken*. Gävle: Gävle University Press, 80-98.
- Gibbons, P. (2013) *Stärk språket, stärk lärandet: språk- och kunskapsutvecklande arbetssätt för och med andraspråkselever i klassrummet*. Stockholm: Hallgren & Fallgren.
- Gilbert, J. (2001). Science and its 'Other': looking underneath 'woman' and 'science' for new directions in research on gender and science education. *Gender and Education*. 13(3), 291-305.
- Gopnik, A. & Seiver, E. (2009) Reading Minds – How Infants Come to Understand Others. *Zero to Three*, 30 (2), 28-32.
- Gopnik, A. (2010). How Babies Think. *Scientific American*, 303 (1), 76-81.
- Gopnik, A. (2011). *What do babies think?* [Videofil] Hämtad från [https://www.ted.com/talks/alison\\_gopnik\\_what\\_do\\_babies\\_think?language=en](https://www.ted.com/talks/alison_gopnik_what_do_babies_think?language=en)

- Gärdenfors, P. (2006). *Den meningssökande människan*. Stockholm: Bokförlaget Natur och Kultur.
- Harlen, W. (1993). *Teaching and Learning Primary Science* (2nd ed.). London: Paul Chapman Publishing.
- Harlen, W. (Red.). (1996). *Våga språnget! – Om att undervisa barn i naturvetenskapliga ämnen*. Stockholm: Liber.
- Hellén, G., Jonsson, G., Karlefors, I. & Vikström, A. (2010). *Vägar till naturvetenskapens värld – ämneskunskap i didaktisk belysning*. Stockholm: Liber.
- Häggström, Y. (2006). Förskoleklasselävers uppfattningar om molekylbegreppet. I L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sölberg, H. Sörensen & R. Troelsen (Red.) *Naturfagdidaktikkens mange facetter*. Köpenhamn: DPU Forlag.
- Johnson, P. & Tymms, P. (2011). The Emergence of a Learning Progression in Middle School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 849-877.
- Kahneman, D. (2012). *Tänka, snabbt och långsamt*. Stockholm: Volante.
- Lederman, N. (2007). *Nature of Science – Past, Present, and Future*. I S. Abell & N. Lederman (Red.) *Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Livingstone, M. (2002). *Vision and art: the biology of seeing*. New York: Abrams.
- Löfgren, L. & Hellén, G. (2006). Barn och molekyler. I L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sölberg, H. Sörensen & R. Troelsen (Red.) *Naturfagdidaktikkens mange facetter*. Köpenhamn: DPU Forlag.
- Markic, S., Broggy, J. & Childs, P. (2013). How to deal with linguistic issues in chemistry classes. I Eilks, I. & Hofstein, A. (Red.), *Teaching chemistry – A studybook*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Marton, F. & Booth, S. (2000). *Om lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Merino, C. & Sanmarti, N. (2008). How young children model chemical change. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 196-207.
- Millar, R. & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000 - Science education for the future: A report with ten recommendations*. London: King's college London, School of Education.
- Moser, M. & Moser, E. I. (2016). Where Am I? Where Am I Going? *Scientific American*, 314 (1), 26-33. doi: 111547157.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- Nilsson, R. (2001). "En kritisk punkt inom ämnet fysik", in B. Schüllerqvist and R. Nilsson, (Red.), *Lärarytildningens ämnesdidaktik*. Gävle: HS-institutionens skriftserie Högskola i Gävle, 148-182.
- Nobelförsamlingen (2016, 5 februari). The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine - Advanced Information. *Nobelprize.org*. Nobel Media AB. Hämtad från [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2014/advanced.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/advanced.html)
- Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Kegan Paul.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, (66), 211-217.

- Rignes, V. & Hannisdal, M. (2006). *Kjemi fagdidaktikk – Kjemi i skolen*. Kristiansand: HøyskoleForlaget.
- Schulz, L. E., Bonawitz, E. B. & Griffith, T. L. (2007). Can Being Scared Cause Tummy Aches? Naive Theories, Ambiguous Evidence, and Preschoolers' Causal Inferences. *Developmental Psychology*, 47 (5), 1124-1139.
- Schulz, L. E., Gopnik, A., & Glymour, C. (2007). Preschool children learn about causal structure from conditional interventions. *Developmental Science*, 10 (3), 322-332.
- Schulz, L. E. (2012). The origins of inquiry: inductive inference and exploration in early childhood. *Trends in Cognitive Sciences*, 16 (7), 382-389.
- Scott, P., Asoko H. & Leach, J. (2007). Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. I S. Abell & N. Lederman (Red.) *Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sjöberg, S. (2010). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*, 3:e uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Sjöström, J. (2012). Barn och kemi – vad säger den kemididaktiska forskningen? I M. Ideland & C. Malmberg (Red.). *Naturvetenskap och yngre barn – om att forskningsanknyta utbildning för förskollärare och grundlärare*. s 35-55.
- Sjöström, J. (2013). *Towards Bildung-Oriented Chemistry Education*. *Sci & Educ*. 22, 1873-1890.
- Skolverket. (2011). Läroplan för förskolan Lpfö 98, Reviderad 2010. Hämtad från <http://www.skolverket.se/publikationer?id=2442>
- Sodian, B. & Kristen, S. (2010). Theory of Mind. I B.M. Glatzeder et al. (Reds.), *Towards a Theory of Thinking, On Thinking*. Berlin: Springer-Verlag.
- Stavy, R., and Tirosh, D. (2000). *How Students (mis)understand Science and Mathematics: Intuitive Rules*. New York: Teachers College Press.
- Stevens, S. Y., Delgado, C. & Krajcik, J. S. (2010) Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 687-715.
- Sörqvist, P. & Rönnerberg, J. (2014). Individual differences in distractibility: an update and a model. *PsyCh Journal*, 3(1), 42-57. doi:10.1002/pchj.47
- Tavares, R. M., Mendelsohn, A., Grossman, Y., Hamilton Williams, C., Shapiro, M., Trope, Y. & Schiller, D. (2015). A Map for Social Navigation in the Human Brain. *Neuron* 87, 231–243. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2015.06.011>
- Tirosh, D., & Stavy, R. (1999). Intuitive Rules: A Way to Explain and Predict Students' Reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 38(1/3), 51-66.
- Tolman, E. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55 (4), 189-208. <http://dx.doi.org/10.1037/h0061626>
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). "A multi-dimensional framework for interpreting conceptual change event in the classroom." *Science Education*, 81, 387-404.
- Vosniadou, S. (2008a). Framework theory approach to the problem of conceptual change. In: Vosniadou, S. (Red.) *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge.

- Vosniadou, S. (Red.). (2008b). *International handbook of research on conceptual change*, New York: Routledge.
- Wickman, P.-O. & Persson, H. (2008). Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan – en ämnesdidaktisk vägledning. Stockholm: Liber.
- Wiser, M. & Smith, C.L. (2008). Learning and Teaching about Matter in Grades K-8 – When Should Atomic-Molecular Theory be Introduced. In: Vosniadou, S. (Red.) *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge.
- Xu, F., & Garcia, V. (2008). Intuitive statistics by 8-month-old infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105 (13), 5012-5015.