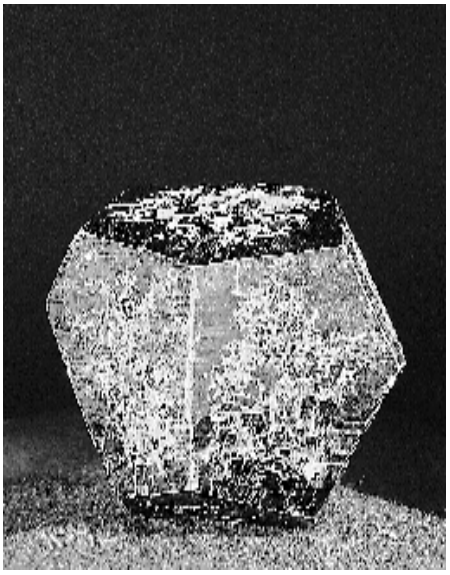
Krystaller og mineraler
- geologiens byggesten

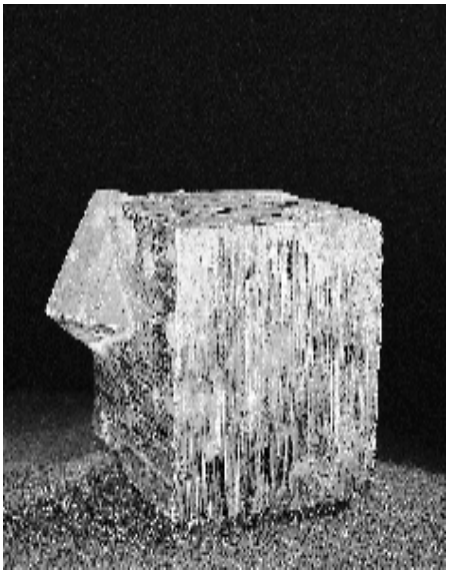
Af geolog Steen Laursen

Naturen er fyldt med krystaller, og mennesket har altid anset dem for at være noget særligt. Trods den interesse vi har for krystaller, er der ikke ret mange der ved, hvad en krystal er for noget. Vi ser på sagen.

Alle har set smukke krystaller, og disse naturens vidundere har været kendt og beundret af mennesker i årtusinder. Deres tilsyneladende perfekte form er en kilde til undren, for hvor i naturen finder vi ellers sådanne former og farver? For nogle mennesker går fascinationen af krystaller over i mystik og overtro, men der er skam en naturlig forklaring, og den er ikke mindre fascinerende.

De fascinerende krystaller
Noget af det mest fascinerende ved krystaller er, at de vokser ved, at atomer omkring dem selv finder og sætter sig på bestemte pladser, der passer til netop dem. Denne opbygning bliver dirigeret af atomernes egne egenskaber i samspil med det kemiske og fysiske miljø omkring dem. Og selv om det burde give en perfekt krystal, hvor alle atomer sidder på forudbestemte pladser, så indeholder dens struktur altid et stort antal småfejl, der kan ændre på krystallens egenskaber, det kan være dens form, farve eller andre ting. Mineralet ametyst, der er en variant af kvarts, skylder f.eks. sin farve til en "gitterfejl", som ændrer karakter ved opvarmning. Ved en vis temperatur skifter mineralet nemlig farve fra violet til gul, og navn til citrin (i hvert fald når det sælges).





Mineralet pyrit danner ofte terningformede krystaller, men de kan lave mange andre former. Den venstre form består af 12 femkantede flader. (Foto: Ole Johnsen)

Hvad er en krystal
Når man står med en krystal, kan man spørge sig selv, hvad det egentligt er. Ud fra et videnskabeligt synspunkt er svaret, at det er en struktur af atomer. En simpel struktur, som kan fortsættes i det uendelige, så den ikke sætter nogen grænser for, hvor stor en krystal kan blive. Strukturen baserer sig på en enhedscelle, som er den mindste strukturelle enhed. Den kan sættes sammen med uendeligt mange andre tilsvarende enheder, omtrent som legoklodser. Enhedscellen kan have 7 forskellige grundformer, som svarer til en af 5 forskellige mere eller mindre skæve kasser eller en af 2 sekskantede prismer (boks 2). Man omtaler dem som de 7 krystalklasser. Forskellige typer krystaller adskiller sig ved formen af enhedscellen.

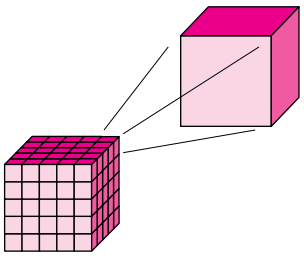
Mineraler og krystaller
En krystal er altså en struktur af atomer, men der er ingen krav til hvilken struktur eller hvilke atomer, der er tale om. Et mineral består derimod af bestemte atomer i en bestemt struktur. Så ethvert mineral danner altså en særlig type krystaller, og kun den.

Det er ikke svært at afgøre, hvor mange krystaller man har af et bestemt mineral. Det er nemlig et krav, at alle enhedsceller i én krystal skal vende på samme måde, og at de skal hænge sammen.

Som eksempel på et mineral kan nævnes kvarts, der danner de krystaller, som går under navnet bjergkrystal. Hver enkelt kvartskrystal er et sekskantet prisme, som spidser til i den ene eller i begge ender. Krystallerne er opbygget af enhedsceller med form som sekskantede prismer, og de atomer, som indgår, er silicium og ilt. Der er ingen grænse for, hvor mange af disse krystaller der kan dannes, men de er alle ét og samme mineral.

Diamant og grafit er to eksempler på, at forskellige mineraler kan bestå af den samme type atomer. Begge mineraler består af kulstof, men mens enhedscellerne i diamant har form som terninger, så har de form som sekskantede prismer i grafit. Det

Enhedscellen



En enhedscelle er en lille del af en krystals struktur, som gentager sig igennem hele krystallen i alle retninger.

Her er det den kubisk enhedscelle af Halit, som er vist ved atomerne i cellens hjørner. Ved siden af er den samme celle vist ved kanterne. Mange sammenhængende enhedsceller udgør en krystal, som vist nederst.

(Grafik: SL)

giver en enorm forskel, for mens diamant anvendes til slibemaskiner og bor på grund af dets hårdhed, så egner grafit sig til blyantspidser og smørelse takket være dets blødhed. Forskellige mineraler opbygget af de samme atomer er polymorfer.

Atomernes pladser

De enkelte typer atomer, som indgår i en krystal, sidder på bestemte pladser i enhedscellen. Halit (almindeligt kogesalt) er et godt eksempel, fordi det har en simpel struktur. Her består enhedscellen af 27 atomer, der sidder på hver sin plads i en kubisk struktur og danner en terning (boksen på modstående side). Læg mærke til at hvis man vender terningen på hovedet, så er det ikke muligt at se, at den har bevæget sig. Det samme gælder, hvis man drejer den en kvart omgang. Man ikke kan altså se forskel på de 8 hjørnepladser med kloratomer, og det samme gælder pladserne på terningenes kanter og sider. Derfor siger man, at hjørnepladserne er ens af symmetrimæssige årsager, og tilsvarende for de to andre typer pladser.

Man kan definere mange planer i krystaller ud fra atomernes pladser (boks næste side). Nogle af dem kan reflektere røntgenstråler på en karakteristisk måde, hvilket man udnytter til at identificere mineraler. Andre planer bestemmer krystallens ydre form eller giver svagheder i den.

Krystallernes form

Noget af det helt specielle ved krystaller er deres former, som kan være meget fascinerede, selv om det bestemt ikke altid er tilfældet. Bjergkrystaller er resultatet af, at mineralet kvarts har haft mulighed for selv at bestemme, hvordan dets krystaller skulle vokse. Man kalder det idiomorft. Her er krystallens overflader bestemt af nogle af de føromtalte planer, og man genkender let den trigonale celles form, der i kvarts er tilnærmet hexagonal.

Kvarts' enhedscelle er trigonal, hvilket betyder, at den er et sekskantet prisme, hvor hver anden af prismets sider er ens. Det kan man se på kvartskrystallerne, der ligeledes er sekskantede prismer, hvor hver anden af de trekantede flader i deres spidse ende typisk er større end de mellemliggende flader.

Her blev kvartskrystaller brugt som eksempel, men princippet om, at man kan erkende enhedscellens form i krystallens form, gælder for alle idiomorfe krystaller. Det er ofte ret ligetil, idet mineraler med terningformet enhedscelle, som halit, tit danner terningformede krystaller.

I andre tilfælde er det vanskeligere at erkende, som i tilfældet diamantkrystaller, hvor enhedscellen er en terning, mens krystallen kan være et oktaeder. Men tænk på formen af en terning, som har fået hjørnerne skåret af. Hvor de 8 hjørner er skåret af, får vi 8 flader, der er parallelle med de 8 flader på et oktaeder, så det er altså muligt at se forbindelsen mellem enhedscelle og krystalform. Pyrit, også kendt som svovlkis, har også en terningformet enhedscelle, men krystalformen kan variere betydeligt lige fra en terning, med eller uden hjørner, til et oktaeder eller en afrundet form med 12 femkantede flader. Den sidste form opnår man ved at skære kanterne af en terning, så også her ser vi forbindelsen til enhedscellen.

Idiomorfe pyritkrystaller kan som sagt have en del forskellige former og alligevel være af det samme mineral, hvilket ikke er enestående. Det er en egenskab, man finder ved de fleste mineraler, om end ikke altid så udpræget som her. Årsagen er, at det ikke kun er krystallens struktur, der bestemmer dens form, men også kemiske og fysiske faktorer omkring den. Det omfatter trykket og temperaturen samt det kemiske miljø.

Kamp om pladsen

Man skal nu heller ikke lade sig narre af de idiomorfe krystaller, for de er undtagelsen. For at kvarts kan danne bjergkrystaller, skal der som oftest være et hulrum, de kan vokse i, og det samme gælder for de fleste andre mineraler. Normalt er der imidlertid ikke noget hulrum til rådighed, og den voksende krystal ligger derfor lige op ad andre krystaller, som enten vokser eller nedbrydes. Derfor bliver hver enkelt krystals form et resultat af flere krystallers kamp om pladsen.

Det er ikke bare bjergkrystaller, der er flotte. Her er det appofyllitkrystaller fra Indien. (Foto: Forfatteren)

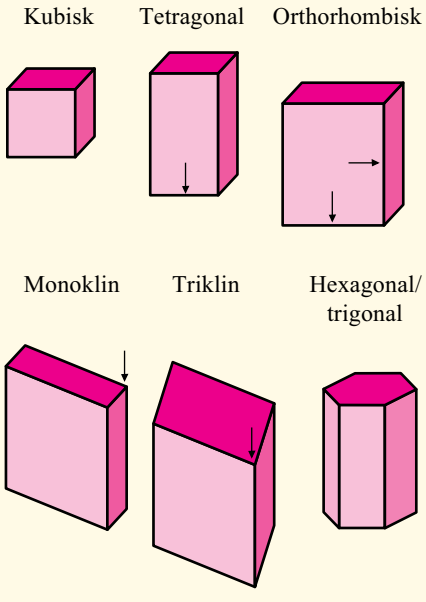
Krystalklasser

Der i alt 7 krystalklasser, som adskiller sig ved den grundlæggende form af enhedscellen.

De 3 af klasserne er kendetegnet ved at alle vinkler er rette, hvilket svare til at alle sider er kvadrater eller rektangler. Enhedscellen i den kubiske klasse er terningformet. I den tetragonale celle har 4 rektangulære sider og 2 kvadratiske. Den orthogonale celle har 6 sider af 3 forskellige størrelser.

2 krystalklassers enhedscelle har form som en mere eller mindre skæv kasse. Den ene er den monokline klasse, der har form som en bunke spillekort, nogen har skubbet til fra den ene side. Den anden er den trikline klasse, som ligner et sæt kort, der også er blevet skubbet til fra den anden side.

I de sidste to klasser har enhedscellen form som et sekskantet prisme. De to klasser adskiller sig ikke ved enhedscellens form, men ved nogle pladser til atomer.



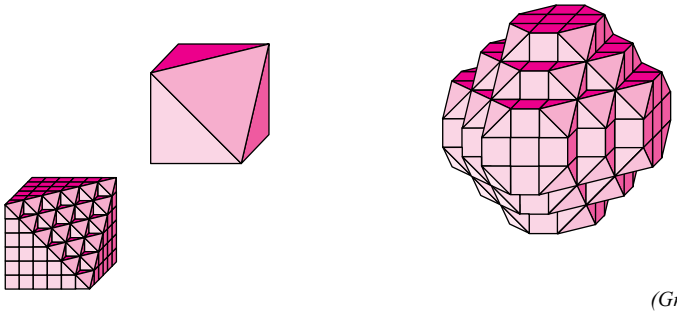
(Grafik: SL)

Planer i krystaller

En kubisk enhedscelle er omgivet af 6 flader, svarende til ternings sider. Skærer man kubens hjørner af, svarende til at fjerne atomerne i enhedscellens hjørner, får man yderligere 8 flader. Hver af disse 14 flader svarer til et plan, der går igennem hele krystallen. Det ses når man sætter flere enhedsceller sammen.

Ved at roterer nogle af enhedscellerne og sætte dem sammen, er det muligt at få en ide om, hvorledes de enkelte planer går igennem krystallen.

Sådanne planer har stor betydning for forskellige krystallers form, slagstyrke og deformerbarhed.



(Grafik: SL)

Her gælder det, at nogle mineralers krystaller er bedre til at bestemme deres form under konkurrencen end andre. Kvarts får stort set aldrig et ben til jorden, og krystallernes form er derfor typisk bestemt af nabomineraler. Man siger at krystallen er anhedral. Pyrop-almandin-granat, de røde granater, som bruges til smykker, har derimod en stor evne til selv at bestemme, og de vokser ofte rundt om andre mineralers krystaller for at opnå deres ideelle form.

Spalteflader

Visse krystaller kan blive smukke ved at blive slået i stykker, da de revner langs bestemte af krystallens planer, de såkaldte spalteretninger. Mineralet blyglans (GeologiskNyt 3/96 bagsiden) har typisk mere eller mindre terningformede krystaller, når de er idiomorfe. Knuser man dem, danner de en mængde små terninger. Terningernes 6 flader kaldes spalteflader. Anderledes er det med flusspat, der ligeledes danner terningformede krystaller. Når de bliver knust, danner de oktaedre. Krystaller af glimmer har kun én spalteretning, som til gengæld er meget veludviklet. Her kan krystallerne brækkes op i tynde lag omtrent så let, som når man skiller siderne i en bog, der har været fugtig. Et mineral som kvarts har derimod ingen spalteretninger, og det får derfor "muslet brud" i stil med glas og flint, når det beskadiges.

Vækstfænomener

De omtalte fænomener gælder for de ideelle tilfælde, men naturen er som regel ikke ideelt. Krystaller burde f.eks. altid have helt plane, ensartede overflader, men der er mange eksempler på, at virkeligheden ser anderledes ud.

Et kendt eksempel er kvartskrystaller, hvis små trekantede flader er smykket med svagt aftegnede trekanter. Disse tegninger er ofte blevet tillagt magiske egenskaber, men de er udtryk for krystallernes vækstvilkår og afspejler blot den måde, krystallen voksede på. Almindeligvis vokser de ved, at nye atomer sætter sig på dens overflade, men de sætter sig ikke lige gerne på alle overflader, og ikke lige gerne på alle dele af den samme overflade. De foretrækker pladser i forbindelse med visse typer fejl i krystallens struktur, og steder hvor krystallen allerede er i vækst. Den slags forskellig vækst på forskellige dele af den samme flade giver mønstre, fordi nye lag af atomer altid breder sig ud over fladen fra de samme områder. Den type mønstre er tydelige og meget almindelige på overfladen af blyglanskrystaller, hvor de er udpræget geometriske.

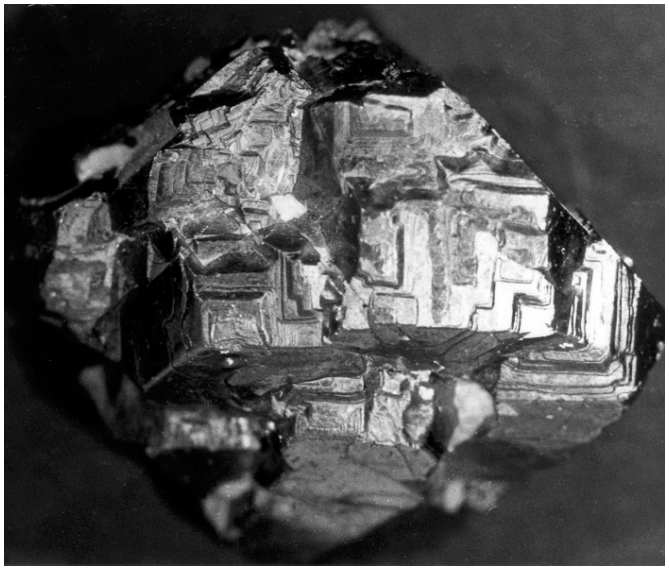
En anden afvigelse fra den perfekte krystal er ujævne krystalflader. Det er også et almindeligt fænomen hos blyglans, hvor krystalflader og spalteflader kan være lidt ujævne, omtrent som fliserne på en dårlig lagt terrasse. Her er årsagen, at krystallen ikke er helt perfekt opbygget. Strukturen i nogle områder i krystallen er således vippet lidt i forhold til i andre.

Hos visse krystaller er krystalfladerne ofte buede, en mulighed som i princippet er strengt umulig. Det gælder f.eks. rhodokrosit - et mineral der minder om kalcit, men indeholder mangan i stedet for kalcium. Idiomorfe krystallers flader er jo bestemt af deres strukturers planer, og pga. den måde enhedscellerne er sat sammen på, burde fladerne være plane, ikke buede. De buede krystalflader opstår, fordi nogle atomer indtager pladser i enhedscellen, som de ikke passer til. Derved bliver enhedscellen skæv, og når mange af dem bygges sammen til en krystal, kan det ses.

Som sagt skulle strukturen i en krystal ikke sætte nogen grænse for, hvor stor krystallen kan blive, men sådan er det ikke altid. En undtagelse er en gruppe af glimmermineraler, de såkaldte lermineraler, som vi finder i - ja ler. Deres struktur tillader ikke at deres krystaller bliver væsentligt større end 1/100 mm. Det er den slags, man må acceptere, hvis man vil sætte naturen i system.

Krystaller i det daglige

En af de særlige fornøjelser ved at gå på mineraljagt i naturen eller på mineralmesser og museer er, at man møder en række af disse særlige fænomener, som gør, at to krystaller af det samme mineral til syvende og sidst aldrig er helt ens. Men man behøver slet ikke forlade sit eget hjem for at studere krystaller, for både saltbøssen og sukkerskålen, og til tider også vinflasken, er fyldt med krystaller, og der er mange bøger, som fortæller, hvordan man selv laver større krystaller af disse og andre materialer. Så god fornøjelse.



Blyglanskrystaller med geometriske mønstre på overfladen er et almindeligt fænomen, og er skabt som er et vækstfænomen. (Foto: Forfatteren)