



Anders Celsius, 1701–1744. Professor i astronomi vid Uppsala universitet.

Anders Celsius

Olof Beckman

I år kan vi fira 300-årsminnet av Anders Celsius, upphovsman till vår termometerskala. Anders Celsius föddes i Uppsala den 27 november 1701. Släkten stammar från Alfta och Ovanåkers församlingar i Hälsingland, och Anders Celsius' farfar Magnus tog sig namnet Celsius (av celsus, hög), en latinisering av namnet Högen på prästgården i Ovanåker. Magnus Celsius studerade i Uppsala, blev professor i matematik 1668, men även kyrkoherde i Gamla Uppsala, där för övrigt familjegraven finns i Gamla Uppsala kyrka.

Magnus äldste son, Nils Celsius, f 1658, var en stridbar man som inte alltid hade åsikter som passade in i dåtidens normer. Bland annat misslyckades han med att disputerar på en avhandling där den kopernikanska världsuppfattningen hyllades. Detta ansågs inte passande. Nils Celsius blev trots motgångar professor i astronomi 1719. Han försökte övertala sonen Anders att satsa på juridik för en säkrare framtid. Arvet gjorde sig dock gällande och snart blev Anders Celsius aktiv inom meteorologi och astronomi hos Erik Burman, profes-

sor 1724 efter Nils Celsius. Erik Burman avled 1729 och Anders Celsius blev enhälligt utsedd till professor i astronomi 1730. Förutom sin egen professur skulle han även sköta tjänsten i matematik, eftersom innehavaren Samuel Klingenstierna var på resa i Europa.

Resurserna för undervisning och forskning i naturvetenskap var ganska bristfälliga i Uppsala. Det var därför viktigt att resa ut i Europa för att studera aktuell forskning och knyta vetenskapliga kontakter. Eftersom Klingenstierna redan var på resa fick Anders Celsius invänta dennes återkomst innan han själv kunde komma iväg hösten 1732. Då postjakten med Celsius ombord på kvällen den 24 september avgick från Ystad flammade ett präktigt norrsken över hela himlen. Norrsken blev ett av de områden som han kom att ägna stort intresse.

För Anders Celsius gick färden söderut genom Tyskland med uppehåll framför allt i Nürnberg. Där publicerade han en uppmärksammas skrift om 316 observationer av norrsken 1716–1732. I augusti 1733 kom han ner till Italien, där han besökte Bologna och Rom, men den för honom viktigaste staden blev Paris, ett på den tiden betydelsefullt centrum för naturvetenskap.

Gradmätning

Anders Celsius introducerades i den franska vetenskapsakademien, där just då livliga diskussioner pågick om jordens form. Enligt Newtons teorier skulle jorden på grund av rotationen vara utvidgad runt ekvatorn och avplattad vid polerna. Många i akademien, bland annat astronomerna Cassini, far och son, ansåg sig ha bevis för motsatsen, dvs att jorden likt en citron skulle vara utdragen vid polerna. Den newtonska "apelsinteorin" hävdades med kraft av Pierre Louis de Maupertuis. Striderna gällde för övrigt inte bara jordens form utan även mera allmänt Newtons teorier gentemot den äldre cartesianska skolan. Då det gällde jordens form intresserade man franske kungen att utrusta gradmätningsexpeditioner. Genom att mäta upp storleken av en latitudgrad vid ekvatorn, i Frankrike och så långt norrut som möjligt borde man kunna avgöra frågan. En första expedition avreste 1735 till Peru för att göra mätningar i ekvatorstrakter.

Maupertuis fick uppdraget att utrusta en nordlig expedition till Island, Nordnorge eller Sverige. Troligen på Celsius' förslag valdes Tornedalen som lämpligt område, och själv blev Celsius en av expeditionsdeltagarna. Celsius reste till London för att inhandla instrument, och i maj 1736 kunde han i Dunkerque förena sig med expeditionen för resan till Sverige.

Gradmätning tillgick så att man lade ut ett nät av trianglar med sina spetsar på väl synliga höjder eller bergstoppar och sedan med hjälp av kvadranter mätte vinklar mellan de olika syftlinjerna. Triangelnätet sträckte sig längs Tornedalen från kyrktornet i Torneå till Kittisvaara drygt tio mil norrut med en latitudskillnad av i det närmaste en latitudgrad. Med hjälp av noga kalibrerade trästänger kunde man på Torneälvens is vid Övertorneå mäta upp en baslinje med en längd av 7 407 franska toise (14,4 km), ingående i triangelnätet. Det skedde vid jultiden under korta dagar och i stark kyla; endast brännvinet kunde hållas flytande.

Skillnaden i latitud mellan Torneå och Kittisvaara bestämdes genom att man mätte hur mycket rikningen till en stjärna nära zenit avvek från lodlinjen på respektive plats. Skillnaden befanns vara 57'27". Efter alla strapatser i ödemarken med myggor, mörker och kyla kunde man räkna ut längden av en latitudgrad i Tornedalen och finna att den var längre än i Frankrike. Expeditionens resultat blev en bekräftelse av Newtons teori. I Frankrike blev Maupertuis dagens hjälte, som enligt Voltaire tillplattat såväl jorden som de bägge Cassini, far och son.

Termometern

Hösten 1737 hade Anders Celsius återkommit till Uppsala och sin professur. Bland annat ägnade han sig nu åt temperaturmätning. Som assistent åt Erik Burman hade han tidigt kommit att syssla med termometrar. Dessa hade samma form som vätsketermometrar än i dag har och var försedda med sprit, linolja eller kvicksilber som termometervätska, men för graderingen fanns inga normer. Det är i detta sammanhang viktigt att komma ihåg att termometrar på den tiden endast användes inom ett mycket begränsat intervall. Man mätte framför allt utomhustemperaturen, varför det aktuella området endast var från ca minus 20 till plus 40 uttryckt i våra moderna Celsiusgrader. Som en referens inom detta område passade vattnets fryspunkt bra, men även temperaturen hos en frisk människa och temperaturen i en djup källare användes. Dessutom utnyttjades vattnets kokpunkt, även om den temperaturen ligger utanför det område som var aktuellt.

Vid 1700-talets början fanns ett trettiotal olika skalor. En intressant fråga är placeringen av skalans nollpunkt. Några skalor hade nollpunkten vid en hög temperatur. Man slapp negativa tal, men skalan blev "omvänd", dvs gradtalet ökade ju kallare det blev. Fransmannen Delisle hade noll vid vattnets kokpunkt, engelsmannen Hauksbee vid "varmt solsken i London". En annan metod kan vara att lägga nollpunkten så lågt, att man kunde hoppas att undvika negativa tal. Dansken Ole Rømer hade sin nollpunkt vid 18 à 19 moderna minusgrader, en skala som sedan anammandes av Fahrenheit, en mycket skicklig termometerkonstruktör, vars skala äger bestånd än i dag.

Man kan förmoda att den stora floran av termometerskalor har inspirerat Anders Celsius att skapa en noga definierad skala med giltighet överallt. För att bestämma en temperaturskala bör man ha två referenstemperaturer, s k fixpunkter. Sedan kan man dela in avståndet i ett lämpligt antal grader. Han gick tillväga med stor omsorg och hans mätningar finns redovisade i Vetenskapsakademiens Handlingar för 1742 i en uppsats med titeln "Observationer om tvänne beständiga grader på en Thermometer." Han skriver där att han finner "intet något beqwämare och säkrare sätt, att indela Gradern på en Thermometer, än att determinera några Puncter af Qwicksilfrets högd när watnet kokar, och begynner att frysa..." En fråga måste dock besvaras: kan man verkligen lita på vattnets kokpunkt och fryspunkt såsom "beständiga" grader? Man får komma ihåg att detta var långt före termodynamikens genombrott, och man kunde inte vara så säker på att smältpunkter och kokpunkter verkligen är pålitliga egenskaper hos materien.

Celsius gör åtskilliga experiment, och han finner att termometern alltid visar samma gradtal om den får stå i kram snö i en halvtimme vid olika väderlek och barometerstånd. Han får samma resultat om termometern sätts i en kittel med kramsnö i en uppvärmd kakelugn; ingenting lämnas åt slumpen. Vidare finner han med en Réaumurtermometer samma gradtal för fryspunkten i såväl Torneå som i Uppsala och i Paris. Det var inte självklart att den skulle vara oberoende av latitud på jorden!

Då det gäller vattnets kokpunkt är Celsius också mycket noggrann. Han har hört att den "förfarne Mechanicus Fahrenheit" observerat att vattnets kokpunkt ändras med barometerståndet. Celsius markerar en punkt på termometerröret av en termometer inköpt av Delisle, som nu vistades i S:t Petersburg. Han avläser kvicksilvrets nivå då termometern är nedsatt i en The-Panna och vattnet kokar livligt. Samtidigt avläser han barometerståndet. Han använder olika slags vatten, såsom "snövatten", Fyrisåvatten, vatten från en brunn, som ej har gott vatten och intet kan brukas till The, samt vatten från en brunn som ordinarnt brukas till The. I ett diagram kan man rita in hans mätpunkter som funktion av barometerståndet, och de faller prydligt utefter en rät linje, som utmärkt väl stämmer överens med moderna termodynamiska värden av kokpunktens ändring med trycket. Med kännedom om storleken på Celsius' termometer ser man att han avläst kvicksilvrets ställning med en noggrannhet av 0,3 mm.

Celsius drar nu slutsatsen att termometerskalans övre fixpunkt måste definieras vid ett bestämt barometerstånd. Han väljer 25 tum och 3 linjer, vilket svarar mot 751,2 mmHg

eller 1001 hektopascal (millibar). Då termometern är graderad med hjälp av de två bestående graderna, nämligen vattnets fryspunkt och kokpunkt, den senare med särskild hänsyn till barometerståndet, kan man vara säker på "... at åtskilliga sådana Thermometrar, satte i samma Luft; skola alltid wisa samma Grad; ock at til exemp. En Thermometer gjord i Paris, skal wid lika warma stå til samma högd, som en Thermometer gjord i Upsala." Det är uppenbart att Celsius är den förste som gjort en internationellt gångbar termometerskala.

Anders Celsius använde en termometer tillverkad av Delisle. Skalan hade noll vid vattnets kokpunkt och 150 vid fryspunkten, varför Celsius också själv valde en omvänd skala. På Celsius tid var en omvänd skala lika naturlig som en rättvänd. Efter Celsius' död 1744 förekom det nya termometrar med rättvänd skala i de meteorologiska journalerna med namnen Ekström, Strömer, Celsius Novum. Också Linné använde den nya skalan. Vändningen blev helt naturlig, och det torde vara både svårt och onödigt att försöka utse någon speciell person som vändare av skalan. Celsius bestämning av fixpunkterna är det primära; skalans vändning utgjorde knappast någon större intellektuell bedrift.

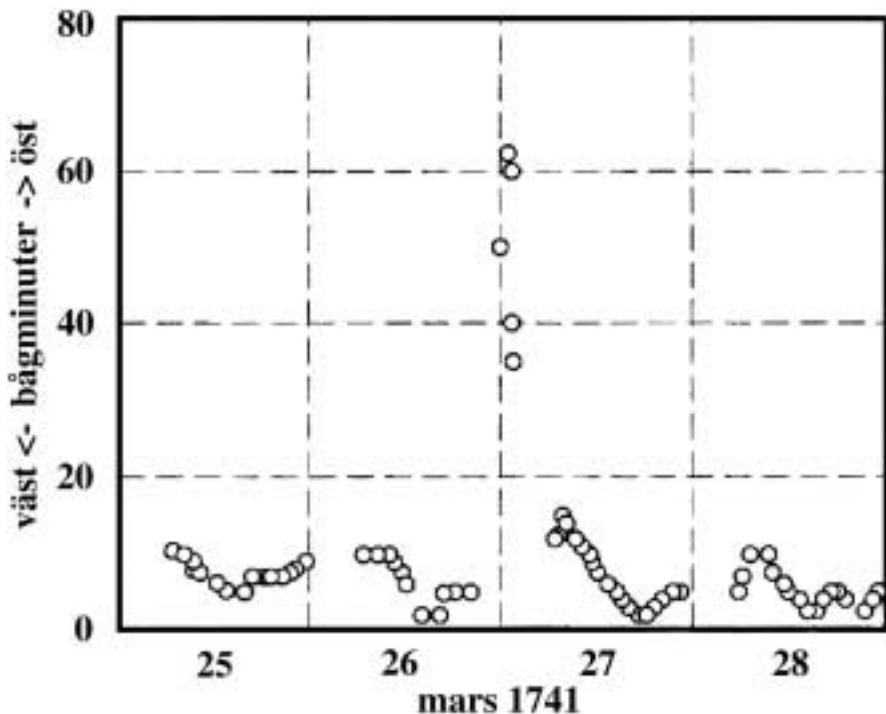
Magnetiska mätningar och norrsken

Kompassens missvisning var något som i hög grad intresserade Anders Celsius. Då han vistades i London för att inköpa instrument för gradmätningen av den berömde instrumentmakaren George Graham skaffade han även en mycket noggrann magnetnål, ca 3 dm lång. Väl hemma i Uppsala mätte han kompassens missvisning, som han fann vara 8°49' västlig. Den ändrar sig sakta med tiden, och blev under 1700-talet ännu några grader mera västlig. Den är numera någon grad östlig. Av intresse är att studera Celsius' noggranna mätningar med kompassnålen. Redan 1722 hade George Graham observerat att hans magnetnål visade en daglig variation i sin deklination (missvisning). Variationen var mycket liten, endast ca 10 bågminuter, dvs en sjättedels grad, men fullt mätbar med den långa nålen.

Celsius beskriver sina första magnetobservationer i *Vetenskapsakademiens Handlingar* av år 1740. Han inleder med att hänvisa till Grahams upptäckt av en liten daglig variation, men anmärker även att såvitt honom själv är bekant hade redan "Fader Tachart" upptäckt variationerna då han skulle visa kompassens missvisning för konungen av Siam. Han skriver även att flera personer, bland annat Emanuel Swedenborg, ansåg att variationerna troligen endast berodde på mätfel eller helt enkelt på ovarsamhet. Celsius beslöt därför att själv göra noggranna mätningar. Kompassnålen placerades i en kammare "dit ingen främmande inkom och dem hindra kunde".

Som medhjälpare hade han sin svåger Olof Hiorter, observator i astronomi. Vid mätningarna bar de inga nycklar eller skospännen av järn, och föremål av järn i rummet fick aldrig flyttas. Kompassens låda var täckt av glas så att nålen inte skulle påverkas av andedräkten då man med ett "konvext glas" avläste femtedelar av skalans indelning, vilket innebär bågminuter. Avläsningarna måste rimligtvis varit ansträngande för ögonen. Hiorter som under åren gjorde bortåt 10 000 avläsningar klagade över "mestadels svåra (eller med et mycket convext glas vid eldsluis, i et kallt rum, vintertiden) på Magnet-Nålen häldne observationer."

Vid en granskning av Celsius' och Hiorters avläsningar imponeras man av de goda resultat de uppnådde trots enkla hjälpmedel. Den dagliga variationen på några bågminuter, med en maximalt östlig position klockan åtta på morgonen och maximalt västlig vid pass klockan två på eftermiddagen, stämmer utmärkt väl med nutida mätningar. Som vi nu vet beror denna dagliga variation på solstrålningens inverkan på jonosfärens översta skikt. De magnetiska mätningarna kom att leda till en viktig upptäckt. Efter Celsius' bortgång skrev Hiorter en utförlig redogörelse om detta i *Akademiens Handlingar 1747*. Han beskriver den dagliga variationen. Men vem kunde ana, skriver han, att kompassnålen hade något samband med norrskenet? Hiorter hade börjat sina mätningar i januari 1741, och visserligen några gånger funnit nålen vara "i oordning", men den 1 mars gjorde magnetnålen kraftiga



Olof Hiorters mätning av kompassnålens variation runt den 26 mars 1741. Detta var den första observationen av en magnetisk störning i direkt samband med norrsken. Den dagliga variationen av närmare tio bågminuter märks dagarna före och efter den stora störningen.

utslag samtidigt som han kunde observera ett mycket kraftigt norrsken, som sträckte sig över till sydhimlen. Hiorter skriver att han nämnde det för Celsius, varvid denne sade "sig äfven hafwa märkt en sådan Magnet-nålens rubbning vid samma omständigheter, men ej velat nämna, om jag (såsom hans ord lydde) skulle falla på samma speculation".

Under mars blev kompassnålen åter orolig vid några tillfällen, men inte förrän den 26 mars skedde detta samtidigt som himlen var molnfri, och man kunde se ett mycket kraftigt norrsken, som även sträckte sig över mot söder. Figuren ovan visar i diagramform denna den första verkliga registreringen av en kraftig ändring i jordens magnetfält i samband med ett flammande norrsken. Numera vet man att bägge effekterna orsakas av solens aktivitet med utsändning av laddade partiklar.

Det är påfallande hur vanliga norrskenen var under 1700-talets första hälft. Under senare delen av 1600-talet fanns däremot inga norrsken; det var för övrigt en period av mycket kallt klimat (tåget över Stora Bält!). Värt att nämna är ett senare norrsken, som samtidigt observerades av George Graham i London och Hiorter i Uppsala. Celsius hade i mars 1741 skrivit till Graham och bett honom hålla sin magnetnål under uppsikt för att de skulle kunna se om störningarna visade sig på bägge orterna. Redan den 5 april blev magnetnålen orolig såväl i Uppsala som i London. Det är intressant att jämföra Grahams och Hiorters observationer. Bägge visar fyra utpräglade avvikelser hos magnetnålen. Tidpunkten är angiven i lokal tid. Tar man medelvärdet av tidsskillnaden för de fyra avvikelserna erhåller man värdet 1 tim 12 min, dvs skillnaden i lokal soltid mellan London och Uppsala!

Astronomiskt observatorium

Redan före Celsius' tid fanns planer att bygga upp ett observatorium i något av de vid den stora Uppsalabranden 1702 nerbrunna slottstornen. Då Celsius kommit hem från gradmätningen tog han upp den gamla frågan om ett observatorium, där han skulle kunna utnyttja de moderna instrument han nu hade tillgång till. Medel beviljades, och Celsius kunde inreda ett observatorium i det ännu i dag existerande snedställda hus som ligger vid Svartbäcksgatan.

På huset byggdes en observationssal med höga smala fönster (numera borta). Tyvärr visade sig byggnadens läge vara mindre lämpligt och noggranna observationer svåra att genomföra.

Bland Celsius' planer för observatoriet fanns en genommönstring av stjärnhimlen för en katalog över i första hand zodiakens stjärnbilder samt noggranna observationer av Jupitermånarnas förmörkelser. I en avhandling över stjärnbilden Väduren (Aries) ingår en fotometrisk bestämning av stjärnornas ljusstyrkor enligt en metod utarbetad av Celsius. Magnituden bestämdes genom avbländning av stjärnljuset med en serie glasskivor, där två glas motsvarade en magnitud. Med den använda kikaren kunde stjärnor till magnituden 12 observeras. Det var för övrigt den ljusstyrka Sirius fick efter avbländning med 24 glasskivor. Ytterligare två stjärnbilder i zodiaken, Oxen och Lejonet, hann Celsius publicera, dock utan den fotometriska metoden.

Jupitermånarnas förmörkelser intresserade Anders Celsius som en metod att bestämma longituden för orter. Både till lands och till sjöss kan man lätt mäta latituden, men longituden kan endast bestämmas genom kännedom om den lokala tiden jämfört med tiden för en känd plats. Eftersom man inte hade användbara kronometrar var detta ett stort problem för sjöfarten, men även för exakt kartritning till lands. En lösning på problemet var att samtidigt observera en händelse ute i vårt planetsystem, såsom en månförmörkelse eller också förmörkelser hos de fyra stora Jupitermånarna, något som inträffar relativt ofta. Celsius publicerade flera observationer av detta slag. Tillsammans med Graham observerade han t ex en total månförmörkelse i London och kunde med Hiorters hjälp i Uppsala bestämma tidsskillnaden till 1 tim 11 min 50 sek mellan orterna. Med Jupitermånarnas hjälp bestämde han även tidsskillnaden mellan Uppsala och Torneå, resp Paris och ön Réunion öster om Madagaskar. Denna sista bestämning flyttade ön närmare 9 grader relativt gällande sjökort!



Anders Celsius' observatorium i Uppsala. Byggnaden, numera utan det övre tornet, ligger vid Svartbäcksgatan i Uppsala. I närheten finns även en staty av Celsius. Gravyr av F Krel (Busser 1769).

Vattuminskningen

Den senaste inlandsisen pressade ner vårt land, och sedan all isen försvunnit pågår som bekant en landhöjning; numera som mest med ca en meter på hundra år i Ångermanland. I äldre tider blev man påtagligt medveten om att vattnet sjönk så att vikar och sund successivt grundades upp. Det var naturligt att tala om vattuminskning. Anders Celsius intresserade sig för denna vattuminskning och publicerade en lång uppsats i *Akademiens Handlingar* för 1743. Han inleder med att beskriva hur havet vid stranden lämnar ny mark att brukas. Han har även märkt att hamnar blivit allt grundare så att man blivit tvungen att flytta dessa. ”Piteå stad flyttades en half mil längre emot hafvet efter 45 år, ock Luleå en mil längre ner, efter 28 år.” Tvister kunde även uppstå angående vem som skulle äga nya skär och hållar, något som kunde ha betydelse för säljakt och fiske. Med hjälp av uppgifter från trovärdiga personer anger Celsius ett mått på vattuminskningen av cirka 1,3 meter på hundra år strax norr om Gävle.

Roande är funderingarna över upphovet till denna vattuminskning. Celsius anger två orsaker. Man vet att från havet stiger en hop ”dunster”, som sedan skocka sig till moln; därifrån kommer en del regn direkt ner i havet, annat hamnar i bergen och rinner via floder åter till havet, men en del vattnar jorden och blir kvar i växter och örter för att förvandlas till svartmylla. Han hänvisar till Newton, som säger att den torra delen av jorden alltid tilltager, medan vätskan förminskas. Jorden skulle slutligen bli alldeles torr om inte kometerna ibland genom sina ”dunster” fyllde på haven! Som en andra teori anför Celsius att det skulle finnas ett eller flera hål i havsbotten, där vattnet skulle sila ner. Vattuminskningen antogs vara ett fenomen som gällde hela jorden, inte bara den skandinaviska halvön. Intressant är idéen om kometerna som bärare av stora mängder vatten eller is.

Anders Celsius blev inte gammal, han dog alltför ung i ”en tärande lungsot” den 25 april 1744. Anders Celsius var i första hand en experimentalist, även om han också väl behärskade matematiska och astronomiska grundsatsar. Med sin tids instrument gjorde han utmärkta observationer och mätningar, som imponerar. Enligt Celsius var det genom noggranna experiment som man skulle avslöja naturens hemligheter, inte genom ”falska hypoteser, som lätt kan motbevisas”. Genom denna sin inställning kom han t ex i dispyt med Emanuel Swedenborg, som ju låg åt det teoretiska och spekulativa hållet. Celsius grundade sina åsikter på experiment och fann de mera korrekta svaren.

Författare

Prof em Olof Beckman · Fasta tillståndets fysik · Box 534 · 751 21 UPPSALA

E-post olof.beckman@angstrom.uu.se