

Himmelfænomener del 8:

Solnedgangs-fænomener

Af Jesper Grønne

Lad mig sige med det samme – de atmosfæriske lysfænomener, der optræder ved solnedgange, optræder også ved solopgange – nærmest som en film, der vises baglæns. Da de fleste oplever flere solnedgange end solopgange, i hvert fald om sommeren, så har jeg valgt, at simplificere overskriften en smule.

Solnedgange er ofte et smukt skue, og de har en dragende effekt på mange mennesker, især på en lun sommeraften, hvor en solnedgang i havet, med et væld af orange-røde nuancer på himlen, er et flot syn (ikke at der har været mange lune sommeraftener i 2015 – men alligevel...). Man kan ofte kigge direkte på solskiven, når den står meget lavt, følg den på vejen ned, se eventuelle solpletter – og ikke mindst se, om der netop denne aften opstår særlige atmosfæriske lysfænomener i dagens sidste

minutter eller sekunder. Man skal dog være varsom med at kigge direkte på Solen, det kan skade øjnene, hvis lyset ikke er dæmpet tilstrækkeligt, er du usikker på dét – så lad være.

Når sollyset strømmer gennem atmosfæren, så spredes noget af lyset, når det møder luftmolekyler og partikler: De korte blå bølgelængder spredes nemmest. Det er derfor, at daghimmelen er blå – simpelthen fordi, at det spredte blå lys rammer øjet fra alle retninger. Når Solen står lavt over horisonten, så skal lyset



Figur 1. Solnedgangens rødlige farver ved Vesterhavet. Næsten alle artiklens billeder handler om det, man ser over havet.

passere meget mere luft, derfor spredes alt det blå lys, inden det når frem til beskueren. Resultatet er, at himlen farves rød, fordi de længere røde bølgelængder bedre trænger igennem, de spredes ikke så meget, på den lange vej gennem atmosfæren – og kan derfor lyse op på den lavere del af himlen, som det ses i figur 1.

Som regel glider Solen stille og roligt ned bag horisonten, blot med sin næsten runde facon og de typiske rødlige nuancer. En gang imellem opstår der sære forvrængede former på Solen i det sidste par minutter. Der kan opstå overraskende smaragd-grønne 'glimt' i de sidste par sekunder, inden Solen er helt forsvundet. Det er ikke en hverdags-begivenhed, hvorfor sådanne fænomener nødvendigvis må skyldes ekstraordinære optiske forhold i atmosfæren.

Atmosfæren som helhed skaber en svag brydning, fordi atmosfærens densitet (tæthed) aftager med højden. Det er nærmest et optisk prisme i planetstørrelse, der bryder lyset. Dette kan skabe fænomener såsom en lettere fladtrykt facon på Solen og Månen, når de ses lavt på himlen (se figur 14), desuden en tynd svag grøn kant på oversiden – og en tilsvarende rød kant på undersiden (forklares senere). Disse fænomener er altid til stede, men de er tydeligst, når der optræder en forstærket brydning af sollyset.

En sådan forstærket brydning af lysets atmosfærelag med en stor vertikal temperaturgradient. De kraftigere fænomener skyldes en ekstra brydning i atmosfærens forskellige brydningslag (inversionslag med stigende temperatur

opad, eller det modsatte: lag med unormalt kraftigt faldende temperatur opad). Et overliggende inversionslag kan skabe en øvre spejling (superior mirage på engelsk). Nedre spejling (inferior mirage) opstår, når lyset afbøjes i et varmt luftlag, typisk lige over overfladen (se figur 3). En tredje variant af spejling kaldes på engelsk 'mock mirage'. Den har endnu ikke et officielt dansk navn, men betegnelsen betyder noget i retning af en uoriginal eller imiteret spejling. Mock mirage adskiller sig fra den klassiske øvre spejling (superior mirage) ved, at man ser *ned* igennem et inversionslag, altså man befinder sig lige over inversionslaget, som illustreret i figur 6. Inspireret af Rudolf Meyers, der i Meteorologische Zeitschrift 52, 405-408 (1935), kaldte fænomenet for "mittlere Spiegelung", vil jeg her kalde varianten for "mellem spejling". Andrew T. Young m.fl. introducerede begrebet mock mirage for den videnskabelige verden i 1997, fordi der var brug for at skelne mellem disse rent refraktive spejlinger og de øvrige klassiske øvre og nedre spejlinger, der overfladisk set kan minde om refleksioner i et buet spejl. Det engelske ord for fænomenerne "mirage", kommer af det franske "se mirer" (at spejle sig) og latin "mirare" (beundre).

Grønne og blå glimt

Der findes flere forskellige versioner af grønne lysfænomener, der er mere eller mindre sjældne. Der er *de klassiske grønne (og blå) glimt, grønne fragmenter, skytop grønne glimt og den grønne kant*. Generelt gælder, at fænomenerne opstår kort tid efter solopgang og

kort tid inden solnedgang. For de første tre fænomeners vedkommende skal vejret være relativt klart og roligt, og atmosfæren skal være forholdsvis ren og med en vertikal temperaturfordeling, der kan give den ekstra brydning af sollyset, der er nødvendig for at de grønne fænomener bliver visuelt synlige.

Ser man det ægte grønne glimt, er man ikke i tvivl. Det er fantastisk klart, lysstærkt – og nærmest smaragd-grønt. De grønne glimt er lendariske, men 'blå glimt' er endnu mere sjældne. De korte grønne og især blå bølgelængder spredes som sagt let af atmosfærens partikler – de mangler derfor i solnedgangens lys. Kun i ganske sjældne tilfælde kan de kortbølgede "kolde" farver nå igennem atmosfæren, når Solen står helt lavt. Hvis der er en smule tåge i luften i nærheden, kan det grønne glimt ledsages af en ganske kortvarig grøn lysstråle opad, der blot er refleksion af det grønne glimt i tågen.

For at se det klassiske grønne glimt i forbindelse med nedre spejling, skal man befinde sig lidt højere oppe end brydningslaget, fx på en klit, eller på et skib og helst ikke mere end 10 meter over. Luften lige over overfladen er varmere, end det kølige luftlag ovenover. Man ser det direkte billede af Solen øverst, og når Solen nærmer sig horisonten, ser man et omvendt billede af dens underkant skyde op fra horisonten, 'spejlet' i laget med den kraftige temperatur gradient. De to billeder kan efterhånden smelte sammen og skabe et deformet billede af Solen.

I slutningen af solnedgangen, et par sekunder inden Solens over-



Figur 2. Klassisk nedre spejling er også det velkendte fænomen, hvor der opstår en 'spejling' lige over en meget varm asfaltvej. Det herved opvarmede luftlag skaber en "luftspejling", når lyset afbøjes i laget med den kraftige temperatur gradient.

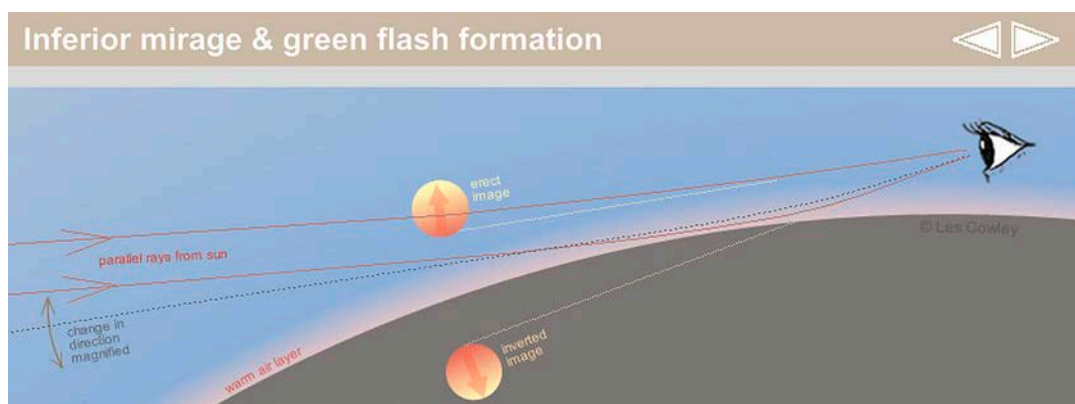
kant er helt væk, vil grænselaget (grænsen mellem det retvendte og spejlvendte billede) lave en kraftig forstærkning, eller forstørrelse af den vertikale udstrækning, af det sidste sollys. Dermed

forstærkes opbrydningen af de grønne og røde bølgelængder. Det er som at se Solens sidste refrakterede lysstråler gennem et forstørrelsesglas – det ægte og imponerende lysstærke grønne

glimt opstår. De fleste grønne glimt (mellem to tredjedele og tre fjerdedele) er af denne type.

Det grønne fragment

En variant af det grønne glimt



Figur 3. Lyset "spejles" i det varme luftlag tæt på overfladen. "Spejles" er i citationstegn, fordi der ikke er tale om en rigtig spejling, men refraction. (tegning: Les Cowley, atopics.co.uk).

er det grønne fragment, der kan opstå lige over Solens overkant, når Solen står lidt højere på himlen. Fænomenet opstår ved "mock mirage" varianten af spejling – "mellem spejling", som illustreret i figur 6.

Tunnel-effekt

Hvis temperaturforskellen i inversionslaget er stor, kan der opstå en kraftig "tunnel-effekt" (ducted mock mirage), hvori inversionen fastholder lyset. Kigger man igennem en sådan "tunnel", kan man teoretisk kigge sig selv i nakken, hvis inversionen er global. Lyset afbøjes i inversionen, så det følger Jordens krumning (nærmere forklaret i ref. 3).

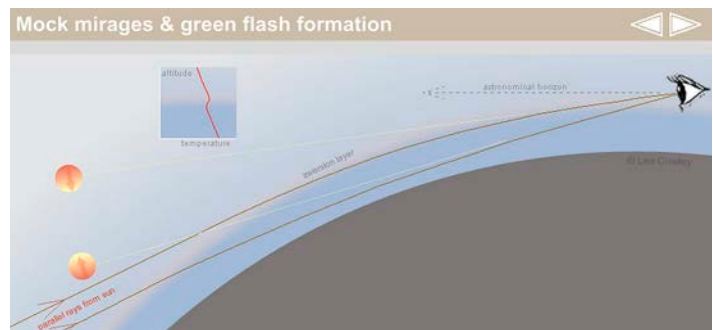
Tunnel-effekten frembringer mange sjove facon'er på Solen. Det ses på billederne figur 10, 11 og 12, men det fornemmes bedre på den tilhørende time-lapse video, nr. 21 på www.hvad-i-himlen.dk. Solen ser typisk lettere fladtrykt og deformeret ud i starten, hvor den passerer flere svage inversionslag, men når den synker ned gennem tunnel-laget, får den en rektangulær form og taber en del i lysstyrke. Faktisk er Solen gået ned på det tidspunkt, og det man ser er lyset fra Solen, der afbøjes i inversionen, som gennem et langt krumt lysleder-kabel. Man ser egentlig hvad der foregår på den anden side af horisonten. Det rektangulære billede består øverst af et kraftigt deformeret omvendt billede af Solens øvre kant. Den nederste del af det rektangulære billede består af et retvendt og igen kraftigt deformeret billede af Solens overkant. Efterhånden vil det omvendte og det retvendte billede adskille sig. Først snævres



Figur 4. Herover ses det klassiske lysstærke grønne glimt, skabt ved nedre spejling, der kraftigt forstærker lyset fra Solens grønne overkant i 1-2 sekunder (inferior mirage green flash). Billedet er fanget ved Vesterhavet. Bemærk den forholdsvis rene skyfri atmosfære.



Figur 5. Et eksempel på det ekstremt sjældne blå glimt, i det allersidste sekund af sollys, ligeledes fotograferet ved Vesterhavet. De blå glimt er ekstremt sjældne, fordi det ret svage blå lys normalt spredes undervejs i atmosfæren. Glimtene kan ses på video, på www.hvad-i-himlen.dk, video nr. 20.



Figur 6. Skitse af "mock mirage" eller mellem spejling. Lysets brydning i inversionslaget er kraftigere, end brydningen i atmosfæren generelt. Dermed kan der opstå et lille spejlet billede af Solens overkant, over det retvendte billede, som vist i figur 7 og 8. For at se det, skal man normalt finde sig over inversionslaget, helst lige over, så man ser ned igennem inversionslaget, der er varmere end luften nedenunder. Ved en normal øvre spejling, befinder man sig under inversionslaget. (tegning: Les Cowley, atoptics.co.uk).



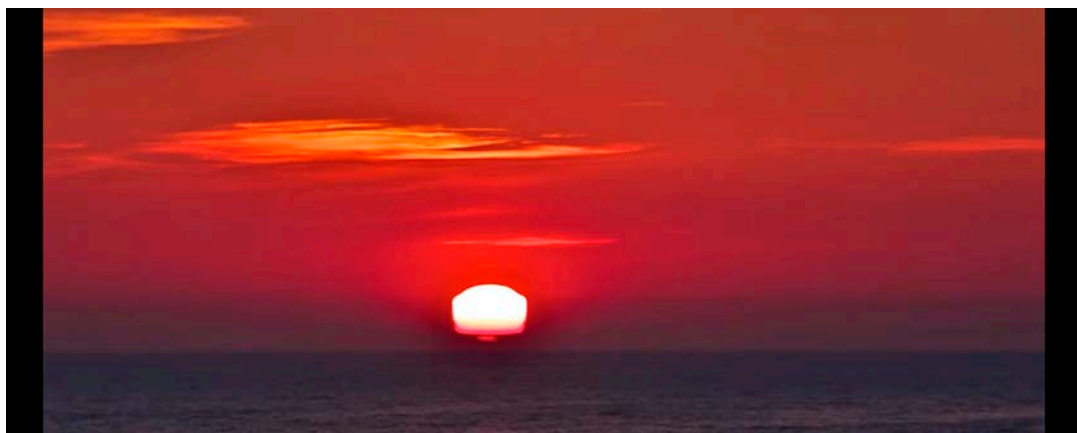
Figur 7. Mellem spejling ses ofte som et rødt fragment, men ved særligt kraftige lysbrydninger ses et grønt fragment, der også typisk er adskilt en smule – altså tilsyneladende "svæver" lidt over Solen.



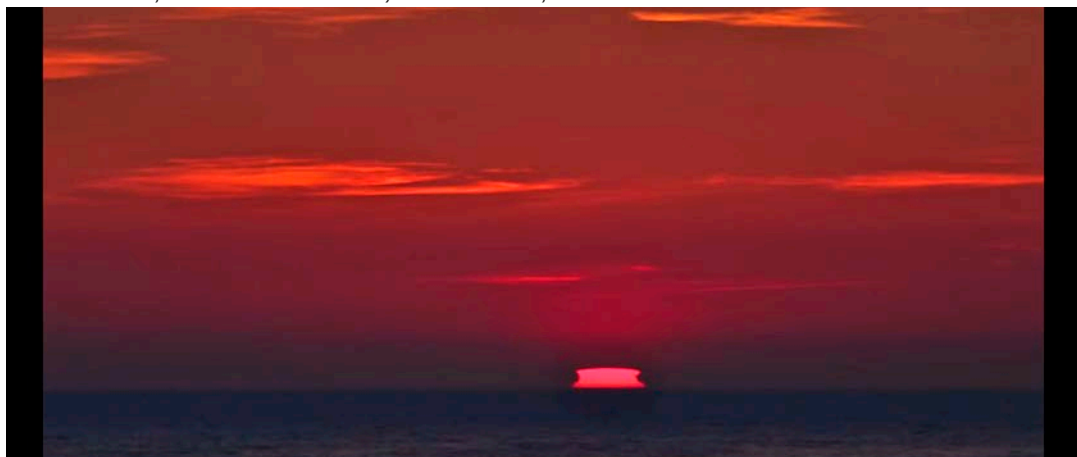
Figur 8. Det grønne fragment, der "svæver" lidt over Solen. Den stærke refraction i inversionslaget "spejler" og forstærker en lille del af "den grønne kant" på Solen (forklares senere). Sollyset frembringer i dette tilfælde også en usædvanlig markant lysende rød "boble" lige over Solen, på en ellers nærmest farveløs himmel. Formodentlig er forklaringen, at atmosfæren over inversionslaget ikke er særlig transparent, men blokerer for, eller måske nærmere spreder en stor del af sollyset. Kun lige over Solen er lyset kraftigt nok til at kunne oplyse himlen med den klassiske røde farve, der spredes i tågepartiklerne. Formodentlig var der let dis ved den røde boble, der spreder det røde lys, samt tættere dis under inversionen nær overfladen.



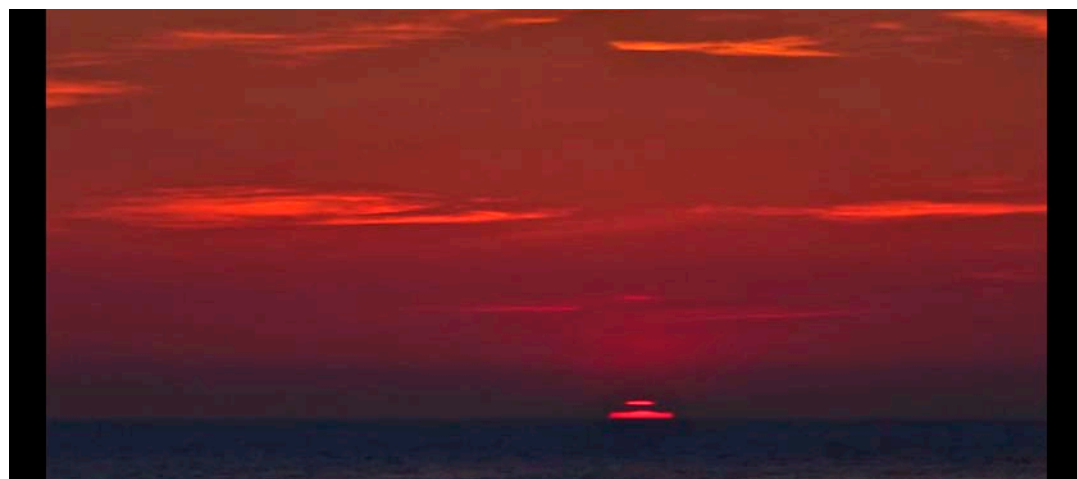
Figur 9. Her ses en lille billedserie, hvor Solen "dykker ned" gennem et inversionslag i atmosfæren. Den optiske effekt nærmest skærer sig igennem solskiven. Det er en klassisk mellem spejling. Det er faktisk 2 billeder af Solen man ser til højre i figuren (samt i figur 7 og 8). Den øverste lille klump er et omvendt spejlbillede af Solens overkant, frembragt af inversionslaget.



Figur 10. Mellem spejling med tunnel-effekt deformerer billedet af Solen. Her ses starten på det lyssvage rektangulære billede, der dukker frem under det retvendte lysstærke billede af Solen.



Figur 11. Her ses "timeglas" fasen, hvor siderne skrumper ind, kun tunnel-effekt billedet er synligt, det lysstærke retvendte billede af Solen ovenover er forsvundet (Solen er gået ned).



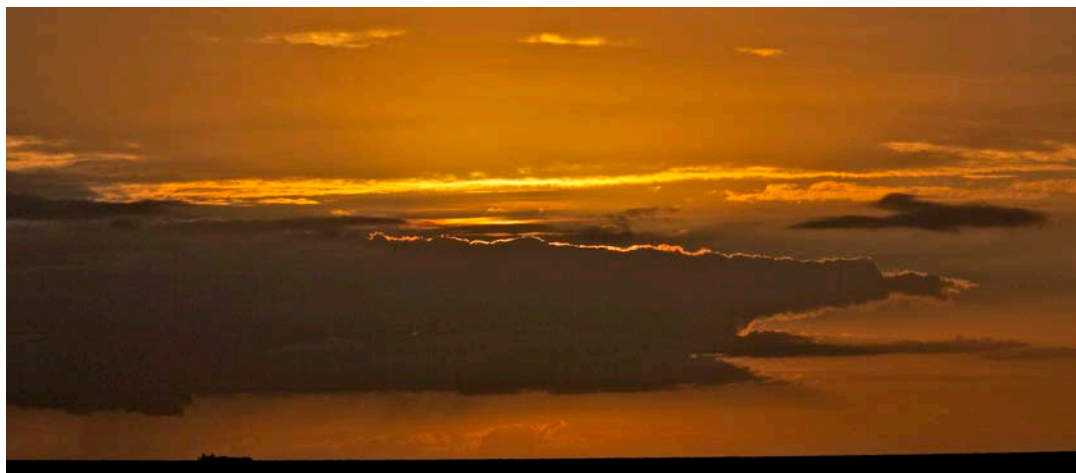
Figur 12. Her er det rektangulære billede adskilt i det omvendte og det retvendte tunnel-effekt billede af Solens overkant. De fader væk uden et grønt glimt.



Figur 13. Den smalle grønne overkant på Solen. Et par små solpletter er også synlige.



Figur 14. Fuldmånens form er lidt fladtrykt på grund af atmosfærens refraction. Både den grønne overkant og den røde underkant på Månen er synlig på billedet her, og på de 2 korte time-lapse videoer, nr. 22 og 23 på www.hvad-i-himlen.dk.



Figur 15. Billedet er taget den 20. juli 2012 kl. 21:06. Solen var da bag den mørke sky. Det er de fjerne skyer, der skimtes længere borte, der lidt senere frembringer et "skytop grønne glimt".

siderne ind, som et timeglas, senere adskilles de to billeder helt, hvorefter de fader langsomt væk. Det er en fantastisk oplevelse af en forlænget solnedgang. Fænomenets fremtoning afhænger af, om man befinder sig i højde med tunnel-effekten, lidt over, eller lidt under (ref. 3).

Den grønne kant

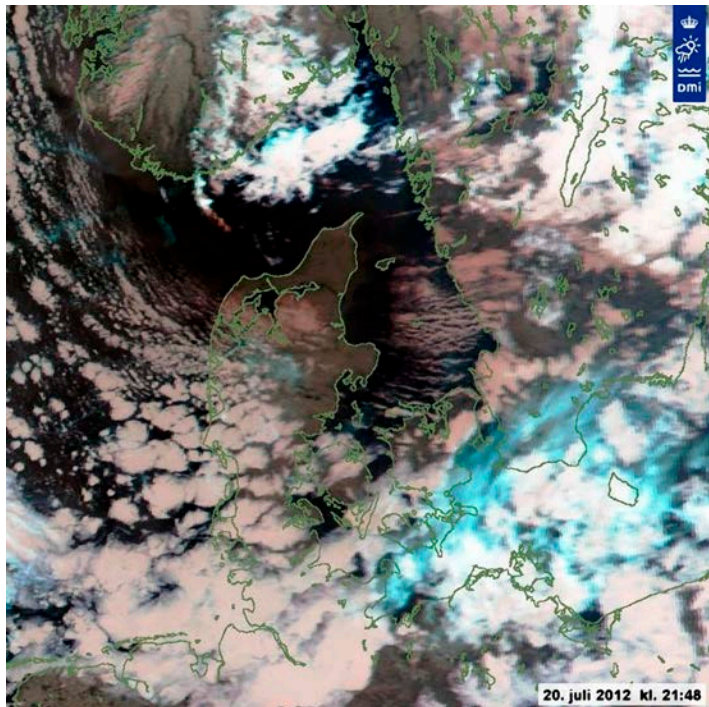
Hver gang Solen står lavt på himlen (få grader over horisonten) fremkommer den grønne kant på Solens øvre kant. Der findes en tilsvarende rød kant på Solens underside. Fænomenet skyldes, at atmosfæren som helhed er tættere i bunden og virker som en gigantisk optisk linse, der bøjer sollyset en smule og spreder farverne lidt, så de kort-bølgede blå-grønne farver ses øverst og de rødlige farver nederst. Man kan ikke se den grønne og røde kant med det blotte øje, men de kan være tydelige på fotos. De farvede kanter er kun få busekunder i bredden, og lysstyrken er svag i forhold til solskivens. Da de grønne og røde bølgelængder ikke afbøjes lige meget, ser man et grønt billede af Solen, der står lidt højere på himlen – og et rødt billede af Solen, der står lidt lavere på himlen. Fænomenet opstår normalt, når Solen står lidt over horisonten (nogle få grader) – i modsætning til det ægte grønne glimt, hvor man kun ser en uhyre lille del af Solen over horisonten, 1-2 sekunder før den er helt forsvundet.

Skytop grønne glimt

En speciel slags grønne glimt er ”skytop grønne glimt”. Det er sjældent forekommende og ifølge Les Cowley, atoptics.co.uk, er de



Figur 16. Billedet er taget kl. 21:15, Solen er dukket frem igen under den store sky, det er 6 minutter før de skytop grønne glimt opstod kl. 21:21, ved toppen af de fjerne skyer.

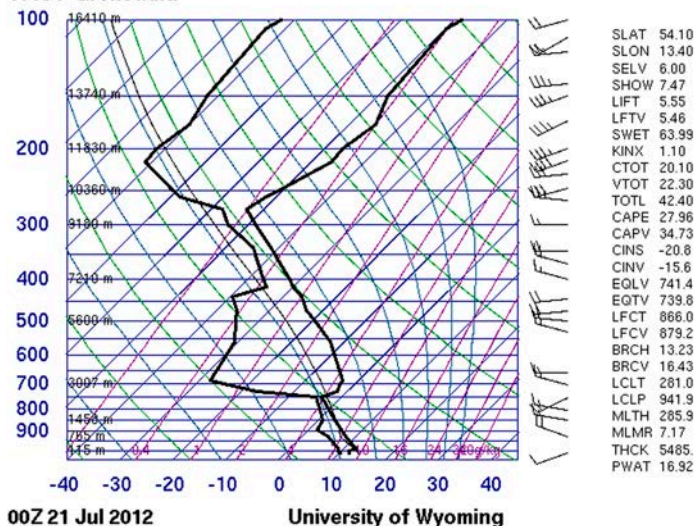


Figur 17. Skyfordelingen set ovenfra lidt senere, kl. 21:48, men stadig repræsentativ i store træk.

ikke helt forstået og fuldstændigt forklaret endnu. Formodentlig opstår de i forbindelse med en lokal lagdeling i luften lige over skyerne, der forstærker refraktio-

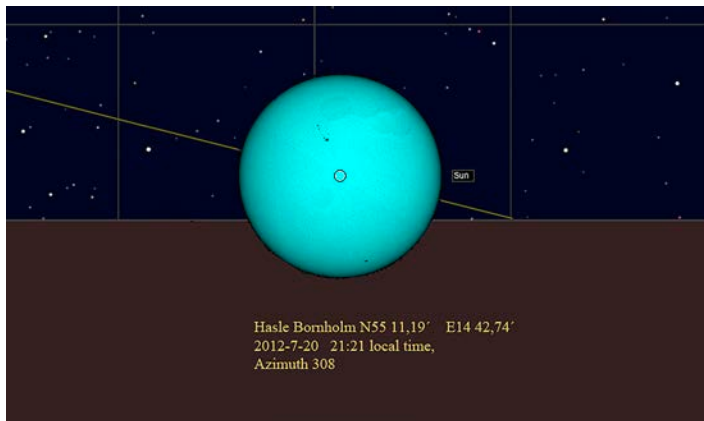
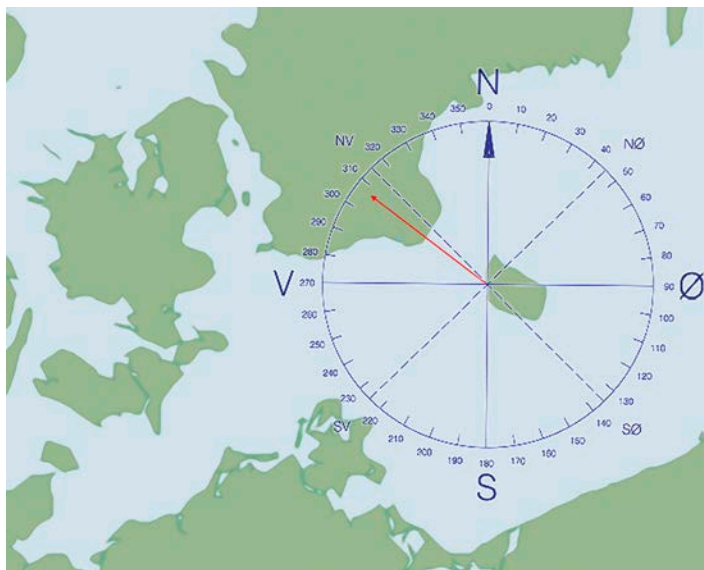
nen, som ved mellem spejling. I lysstyrke er fænomenet tydeligt stærkere end ”den grønne kant”, da ”skytop grønne glimt” er mulige at opfatte rent visuelt, hvad

10184 Greifswald



den almindelige grønne kant ikke er, heller ikke selv om noget skygger for det meste af Solen. Der skal noget ekstra refraction til, ellers ville vi se mange flere grønne glimt, nærmest hver gang Solen forsvinder bag en sky, en bygning eller en bakketop. Et fint tilfælde af skytop grønne glimt opstod den 20. juli 2012, set fra Hasle på Bornholm.

Tilsyneladende dannes glimtene, når skyernes og Solens overkant mødes i synsretningen. Det næstøverste billed minder om "det grønne fragment" på toppen af Solen. Begge dannes i øvrigt ved mellem spejling. Som beskrevet tidligere (figur 6), skal man normalt befinde sig over inversionslaget for at se et grønt glimt frembragt ved mellem spejling (mock mirage flash), så skytop grønne glimt burde umiddelbart ikke være mulige her, da billederne er taget fra en position kun et par meter over havoverfladen. Der findes dog en forklaring på det (ref. 1). Hvis inversionslaget har en vertikal bølgestruktur – og hvis dele af bølgestrukturen har en større krumning end Jordens krumning (således at man alligevel kigger ned gennem dele af inversions-



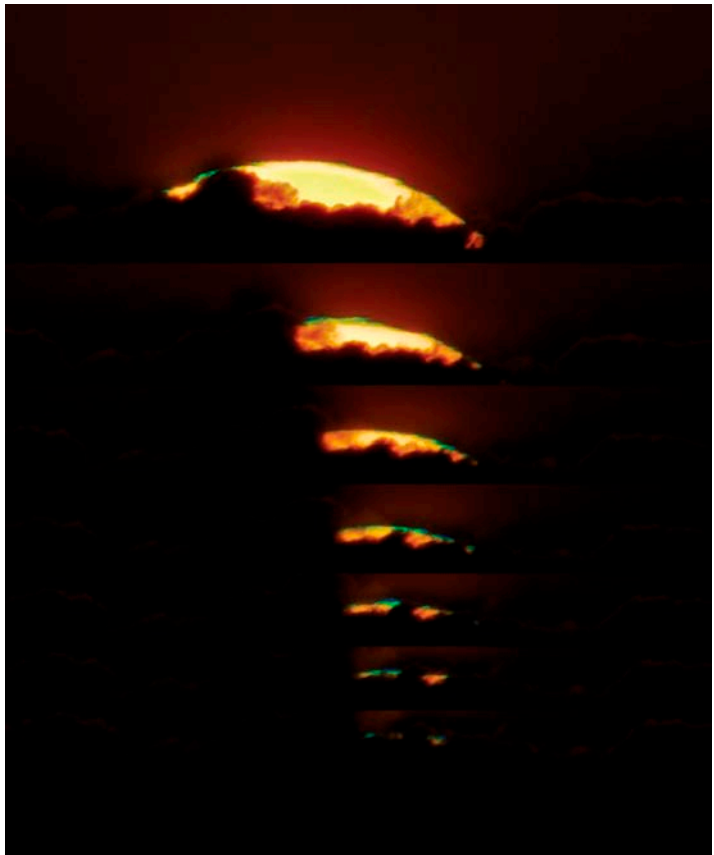
Figur 18. Radiosonderingen fra Greifswald på den østtyske kyst nær Rügen viser en inversion i en højde af ca. 2500 meter, men det er uvist, om den kan have spillet en rolle.

Figur 19. Kameraets placering og skudretning er her markeret. Det er formodentlig skyerne i Øresundsområdet, der har skabt fænomenet.

Figur 20. Solens position er simuleret i forhold til horisonten.

Figur 21. Billedserie, der viser grønne glimt, der opstår ved Solens og skyernes overkant kl. 21:21 den 20. juli 2012 (billederne er taget i løbet af 30 sek.).

Figur 22. En plausibel delvis forklaring (hypotese) på skytop grønne glimt kan i mine øjne være, at opdrift i skyerne kan trykke luftlagene opad og danne lokale luftlag med forskellig densitet over en kort vertikal udstrækning, der måske kan bidrage til at danne skytop grønne glimt, når det gennemstrømmende sollys brydes lidt ekstra – og synsretningen er optimalt afstemt til skytoppen og Solens overkant. Billedet herover viser et tydeligt eksempel på, at luftlagene ved toppen af en sky (i eksemplet en cumulus congestus pileus), trykkes sammen af opdriften og dermed potentielt er i stand til at lave den nødvendige graduerede densitet og ekstra brydning, der resulterer i et grønt glimt. Potentielt kan inversionslaget (figur 18) også have haft en betydning, men begge dele er blot spekulationer - fænomenet er som sagt ikke fuldstændigt forstået og forklaret endnu.



laget), kan et mock mirage flash ses fra en position under inversionslaget.

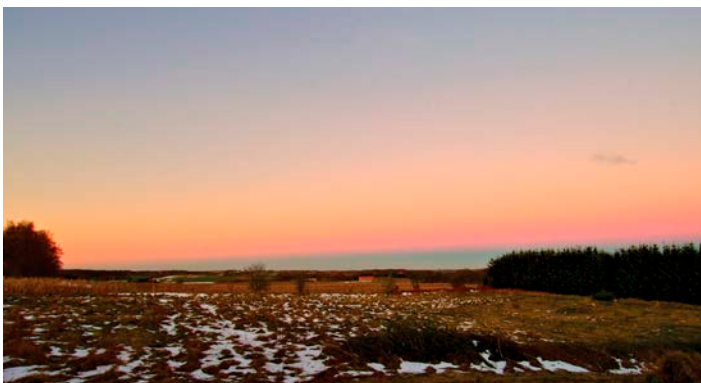
Når Solen har afleveret sine lysfænomener fra det direkte lys, så er der stadig ét lysfænomen, der er lidt interessant umiddelbart efter solnedgang. Det er billedet af den skygge, som planeten Jorden kaster ud i rummet. Jordskyggen er faktisk synlig på himlen, når den rejser sig i retningen modsat det sted, hvor Solen lige gik ned. Den endnu solbeskinnede del af atmosfæren er orange-rød, mens den del af atmosfæren, der er nået ind i skyggen, er mørkere blå-grå. Det er begyndelsen på "den blå time", altså skumringen, hvor landskabet henligger i et blåligt skær, kun oplyst af skæret fra den øverste del af atmosfæren, som stadig rammes af sollyset og spreder de blå farver.

Overgangen fra dag til nat er i sig selv ret dramatisk, når den visualiseres ved hjælp af time-lapse teknikken. Den lyse himmel i vest mørknes, efter at Solen er forsvundet under horisonten. Stjernerne og planeterne træder frem, først en enkelt, så flere i stadigt større antal. Efter skumringen fremtoner Mælkevejen, constellationerne, nabogalaksen og zodiakallyset, som lysende fyrtårne i universets tilsyneladende dybe stille ro – indtil de troposfæriske skyer igen kommer drønende og blokerer det dybere himmelkig. Se det hele i video'en på hjemmesiden "hvad i himlen.dk": video nr. 24.

Tekst, videoer og alle fotos af Jesper Grønne, www.hvad-i-himlen.dk



Figur 23. Den nedgående sol siger "tak for i dag" med flotte rødlige farver og lange skygger på himlen. I dette tilfælde kunne man kalde dem "skumringsstråler", men den generelle betegnelse er crepuscular stråler.



Figur 24. Den blå-grå skygge fra planeten Jorden rejser sig på himlen i nordøst, efter at Solen er gået ned i sydvest. Den lyserøde del af himlen, lige over Jordens skygge, kaldes for "Venus' bælte". Ifølge den græske mytologi var gudinden Venus kendt for sin ekspertise inden for elskov. Hun rådgav både guder og dødelige. Venus ejede et magisk bælte, der gav enhver, der bar det, ynde og uimodståelighed. Hun lånte det fx ud til gudinden for ægteskaber, fødsler og frugtbarhed – Juno, der skulle forføre sin troløse mand Jupiter.

Referencer

Reference 1: <http://www.atoptics.co.uk/atoptics/gfim3.htm> sdsu.edu/~aty/explain/simulations/ducting/duct_intro.html

Reference 2: <http://www-rohan.sdsu.edu/~aty/papers/Zenit/glance.html> Reference 4: <http://www.atoptics.co.uk/atoptics/gf1.htm>

Reference 3: <http://www-rohan.sdsu.edu/~aty/papers/Zenit/glance.html> Reference 5: (Videoer) <http://hvadi-himlen.dk/videoer/>