

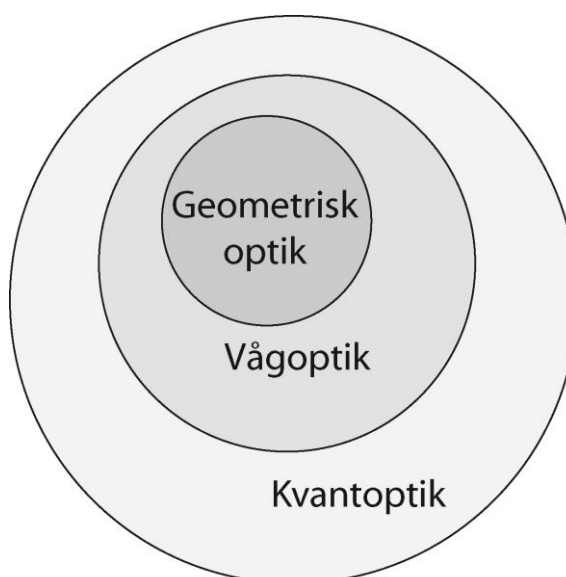
# Fysikalisk optik

## Föreläsning 1 – översikt optik

Vad är ljus? Beroende på vem du ställer frågan till får du olika svar. Men de svar du får kommer att falla i tre olika grupper: strålar, en vågrörelse, eller någon sorts partikel. Konstigt nog är det ingen motsägelse - man arbetar med dessa tre modeller parallellt, och väljer modell beroende på vilken som passar bäst för tillfället. De olika kurserna ni läser täcker olika delar av dessa modeller.

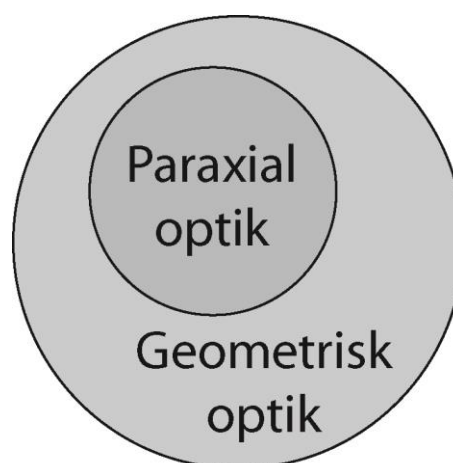
### Tre modeller

Vi kallar de tre modellerna för geometrisk optik (strålar), vågoptik (vågrörelse) och kvantoptik ("partikel", foton). Figur 1 illustrerar hur de relaterar till varandra: kvantoptik är den mest kompletta modellen, som förklarar flest av ljusets egenskaper, men också den med komplexa modellen som är svårast att förstå och arbeta med. Att använda kvantoptik till att designa glasögon vore eländigt; även dagens datorer skulle storkna på beräkningarna som krävdes. Geometrisk optik är å andra sidan den enklaste att förstå och använda, men mycket av det vi behöver förstå kan den inte förklara – t.ex. varför ljus har olika färger, hur antireflexskikt fungerar, eller hur näthinnan kan registrera bilder.



Figur 1. De olika modellerna för ljus.

**Geometrisk optik:** Här betraktas ljuset som strålar, som går i rak riktning tills de bryts eller reflekteras. Fungerar utmärkt till att analysera och designa optiska system, men kan inte förklara t.ex. polarisation, interferens, eller hur ljus och material samverkar. Geometrisk optik kan också delas in i ytterligare en undergrupp som i Figur 2. Paraxial optik, eller ideal optik, förenklar brytningslagen vilket gör beräkningarna ännu enklare, men som också gör att vissa viktiga effekter, aberrationer, inte kommer med. Hela kursen "Geometrisk optik" handlade i princip om paraxial optik. På kursen "Avbildningskvalitet" kommer ni att gå igenom aberrationer, och därmed täcka in mer av den geometriska optiken.



Figur 2. Geometrisk optik har också en undergrupp.

**Vågoptik:** Här betraktas ljuset som en vågrörelse, vilket gör att vi kan förstå t.ex. polarisation, interferens, eller diffraktion. Denna kurs, "Fysikalisk optik", kommer till stor del att bestå av vågoptik. De delar som går igenom är utvalda för att de har praktiska tillämpningar för er som optiker: vågoptik låter er förstå mer om färg och därmed dispersion, polarisation behövs t.ex. för att förstå hur polaroidglasögon fungerar, interferens används vid kontroller av optisk kvalitet och till antireflexbehandlings, och diffraktion låter er förstå ögats yttersta begränsningar.

**Kvantoptik:** Ljuset kan delas upp, eller kvantifieras, i sina minsta delar som kallas fotoner. Kvantoptik behövs för att förstå hur ljus samverkar med material, vilket sker i alla källor (t.ex. glödlampa, solen, laser) och i alla detektorer (t.ex. CCD, film i kamera, eller näthinnan). Ni kommer dock inte att läsa något mer om detta, utan ni får helt enkelt acceptera att lasern fungerar som den gör, att en kamera kan fotografera, eller att näthinnan kan registrera blider.

**Radiometri och fotometri** faller lite mellan stolarna, men liknar mest en kombination av geometrisk optik och vågoptik. Här bekymrar man sig inte så mycket om vad ljuset är, bara om hur ljusets energi transporteras. Fotometri handlar om hur vi uppfattar ljus och används t.ex. i frågor om arbetsplatsbelysning. Vi kommer att gå igenom fotometri, som är helt nytt för er, tidigt i kursen.

## Kursens innehåll

Kursen handlar alltså om vågoptik, med tillägget fotometri. Detta är stora områden, och vi hinner endast gå igenom en liten del. Det som går igenom har valts eftersom det har direkt koppling till ert blivande yrke som optiker. Så går vi t ex igenom polarisation eftersom det krävs för att förklara hur polaroidglasögon fungerar, och när vi ska förklara hur AR-behandlingar fungerar måste vi förstå interferens. I optikernas arbetsbeskrivning ingår att kunna bedöma belysning på arbetsplatser, och på det här kursen går vi därför igenom de grundläggande fotometriska begreppen. Tabellen nedan ger kursens innehåll uppdelat på föreläsningar, med kopplingen till framtida yrkesutövning i nästa kolumn.

Förel.	Innehåll	Varför finns det med i kursen?
1	Kursinfo, Vad är ljus?	Bakgrund
2	Våglängd, färg, dispersion	Prismor, färg effekter i glasögon
3	Ljuskällor, fotometri	Belysning av arbetsplatser
4	Fotometri	Belysning av arbetsplatser
5	Forts fotometri, vågrörelse	Belysning arbetsplatser + grund vågrörelse
6	Polarisation	Polaroidglasögon
7	Antireflexbehandling	AR-behandlingars nytta och begränsningar
8	Interferens i tunna skikt	Hur AR-behandling fungerar
9	Diffraktion	Bakgrund
10	Diffraktion och upplösning	Förstå vad som ytterst begränsar synen

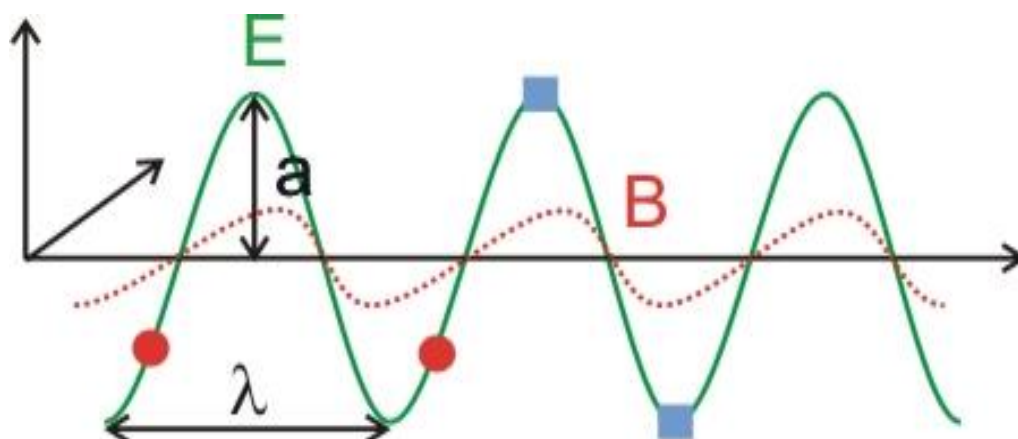
Vissa av dessa ämnen tar vi på en grundläggande nivå. De följs sedan av mer avancerade genomgångar och av tillämpningar på andra kurser. Våglängd och dispersion kommer att fortsättas i flera kurser, t.ex. Avbildningskvalitet på våren i ettan och Ögats optik i tvåan. Fotometri kommer ni att fortsätta med på

Avbildningskvalitet, och sedan tillämpa på Arbetsplatsoptometri i trean. Diffraction och upplösning kommer att finnas med på många kurser, t.ex. Avbildningskvalitet och Ögats optik.

Andra ämnen kommer vi inte att gå igenom igen (även om ni kan stöta på tillämpningar på andra kurser). Då går vi igenom tillämpningarna ordentligt redan nu. Det gäller polarisation med tillämpning polarisationsglasögon, och interferens med tillämpning AR-behandling.

## Våglängd och färg

Vi kommer alltså i större delen av kursen att betrakta ljuset som en vågrörelse. Egentligen består ljuset av elektriska och magnetiska fält som svänger tillsammans, men vi kommer fortsättningsvis att tala om det optiska fältet (där vi antar att både elektriskt och magnetiskt fält finns med). Ljuset är en *transversell* vågrörelse, där svängningen sker vinkelrätt mot vågens rörelseriktning (se Fig. 3). Andra transversella vågor är t.ex. vattenvågor eller vågor på ett rep. Ljud är däremot en *longitudinell* vågrörelse, där svängningen sker parallellt med rörelseriktningen.



**Figur 3.** En ljusvåg med elektriskt (E) och magnetiskt (B) fält (vinkelräta mot varandra) utritade som propagerar längs en optisk axel.

Eftersom ljusvågor och vattenvågor liknar varandra (båda är transversella) kan vi rita dem på samma sätt, som i Fig. 3. Längs x-axeln har vi position eller läge, och längs y-axeln har vi antingen storleken på det optiska fältet (för ljus) eller förskjutningen av vattenytan (för vattenvåg). Bilden kan ses som en frusen vattenvåg, eller ett fotografi av en vattenvåg. I figuren finns två viktiga begrepp inritade: *våglängden*  $\lambda$  som är avståndet mellan två på varandra följande vågtoppar, samt *amplituden*  $a$  som visar hur mycket vågen svänger.

Våglängden  $\lambda$  avgör vilken färg vågen har. Våglängder mellan ca 400 nanometer och 700 nanometer hör till det synliga spektrat. Kortare våglängder ger ultraviolett ljus, längre ger infrarött. Ingen av dem syns. De synliga färgerna kommer i regnbågens ordning: rött har längst våglängd, ca 600-700 nm, och violett har kortast, ca 400 nm. Däremellan kommer orange, gult, grönt, och blått. Vitt ljus är en blandning av alla färger.

Våglängden för synligt ljus är mycket kort, närmare bestämt bråkdelar av en mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). En mikrometer är en miljondels meter, eller  $10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$ . Ofta används enheten nanometer (nm) som är en tusendels mikrometer, dvs.  $10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$ .

Amplituden  $a$  avgör hur stark ljusvågen är. Intensiteten hos vågen är proportionell mot amplituden i kvadrat,  $I \propto a^2$ . Ju större  $a$ , desto mer energi transporterar vågen (dvs desto starkare ser ljuskällan ut att lysa).