



# LABORATION 8

## Vågfrontsaberrationer

# LABORATION: Vågfrontsaberrationer

**Vad labben går ut på:** Syftet med denna laboration är att skapa förståelse för vilken information man kan få ut från en vågfrontsmätning på ögat.

**Utrustning:** Zywave aberrometer, Dator med Matlab och WavefrontLab

## Kort användarhandledning för "WavefrontLab"

Logga in på datorn med ditt KTH-konto. Starta Matlab, enklast är att klicka på förstoringsglasat nere till vänster och söka efter MATLAB. I matlab skriv \\ug.kth.se\dfs i katalogstrukturen:



Klicka sedan vidare till students – kurser – WavefrontLab.

Dubbeltklicka på "WavefrontLab.m" och tryck slutligen på Run:



Nu öppnas fönstret med WavefrontLab (se figur nedan). Öppna mätdatan med *Open wavefront* från *File*-menyn och välj din Zywave mätfil (.ate) som du har på USB-minne eller i din mail.

**Logga ut när du är färdig!**

## Beskrivning av programmets delar

### [Wavefront]

I listan till vänster syns nu Zernike-koefficienterna som beskriver vågfronten (givna i  $\mu\text{m}$  för pupillstorlek enligt R<sub>Pc</sub>):

Konstanter:

$Z_0^0$ ,  $Z_1^{-1}$  och  $Z_1^1$  = medelvärde och lutning, saknar betydelse för ögat

Refraktiva fel:

$Z_2^{-2}$  = astigmatism i 45 grader

$Z_2^0$  = sfärisk ekvivalent

$Z_2^2$  = astigmatism i 180 grader

Högre ordningens aberrationer:

$Z_3^{-3}$ ,  $Z_3^3$  = trefoil

$Z_3^{-1}$ ,  $Z_3^1$  = koma vertikalt och horisontalt

$Z_4^0$  = sfärisk aberration

R<sub>Pc</sub> (nere till vänster) anger vilken pupillradie i  $\mu\text{m}$  ögat hade vid mätningen.

### [Pupil]

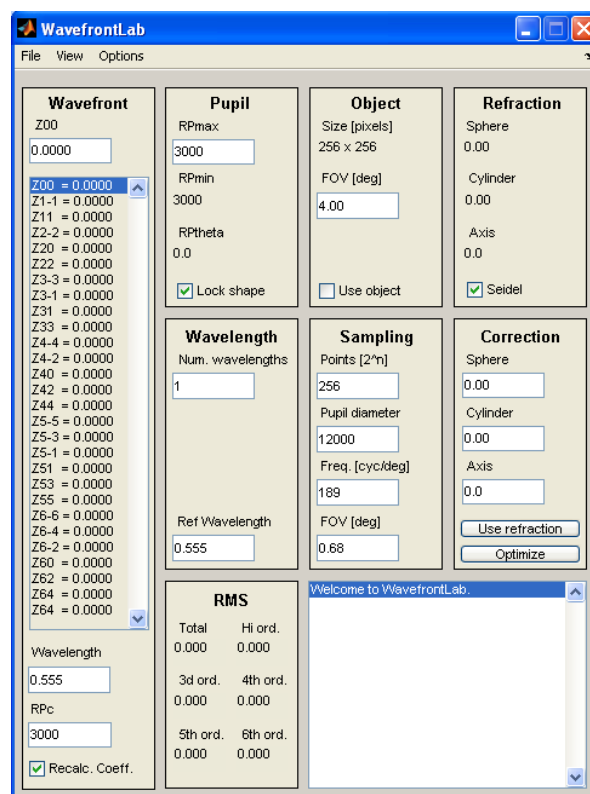
I *Pupil*-rutan kan du ange vilken pupillradie i  $\mu\text{m}$  som du vill att programmet ska räkna med. R<sub>Pmax</sub>=3000  $\mu\text{m}$  betyder t.ex. att pupilldiametern är 6 mm. Låt "Lock shape" vara förbockat.

### [RMS]

RMS-rutan anger mängden vågfronts-aberrationer uttryckt som ett RMS-värde i  $\mu\text{m}$ , totalt och för olika ordningar. Vanligast är att ange RMS för alla högre ordningens aberrationer (*Hi ord.*).

### [Refraction]

Programmet beräknar ögats brytningsfel utifrån vågfrontsaberrationerna på flera sätt. I *Refraction*-rutan har programmet räknat ut Seidel-refraktionen (om rutan *Seidel* är ikryssad) och RMS-refraktionen (om rutan *ej* är ikryssad).



### **[Correction]**

I *Correction*-rutan står den korrektion som programmet kommer använda när det räknar PSF, MTF, strehkvot, näthinnebild mm. När du precis öppnat din vågfront är det den rekommenderade korrektionen (PPR) från Zywave som syns här. Genom att klicka på "Use refraction" kopieras värdena i *Refraction*-rutan till *Correction*-rutan. Om du klickar på "Optimize" kommer programmet försöka hitta en bättre korrektion genom att prova olika korrektioner och optimera bildkvaliteten på näthinnan. Välj först område genom att högerklicka på "Optimize". Ibland behövs flera optimeringar innan bästa korrektion är nådd.

### **View-menyn**

Programmet kan beräkna olika bildkvalitetsmått för ögat. För att se vågfronten, PSF och MTF klicka på motsvarande titel i *View*-menyn. Kom ihåg att trycka "Update" i fönstret som visas. För att kunna simulera näthinnebilderna måste ett objekt först väljas. Klicka på *Open Object* i *File*-menyn och välj t.ex. en syntavla. I filnamnet på bilden står det syntavla och hur många grader syntavlan upptar. Detta grad-antal ska sedan fyllas i rutan FOV (i Object-rutan)! Kryssa för *use object*. Välj *Image* i *View*-menyn för att se den simulerade näthinnebilderna.

### **Options-menyn**

I *Options*-menyn kan man göra olika inställningar för hur PSF, MTF, vågfront och näthinnebild ska visas. Det går även att välja vad man vill att programmet skall optimera med avseende på när man trycker på "Optimize" i *Correction*-rutan. Väljer man att optimera både sfär och cylinder kan det ta väldigt lång tid... Kom ihåg att klicka på "Update" i alla fönster (PSF, MTF, vågfront etc.) efter att du har optimerat korrektionen.

## **Uppgifter**

Jobba i grupp (max 4 personer) och lämna in en skriftlig rapport där nedanstående frågor och lab-uppgifter är besvarade. OBS! Lab-uppgifterna skall utföras för alla gruppmedlemmars vågfronter.

### **Teoretiska uppgifter**

Läs bifogad artikel "Aspheric contact lenses – what's the deal?" i två delar, samt titta på webbföreläsningarna 10 -12 (täcker sidorna 25, 49-50, 53-55, 297, 302-305 i CVO: "k"=play/pause):

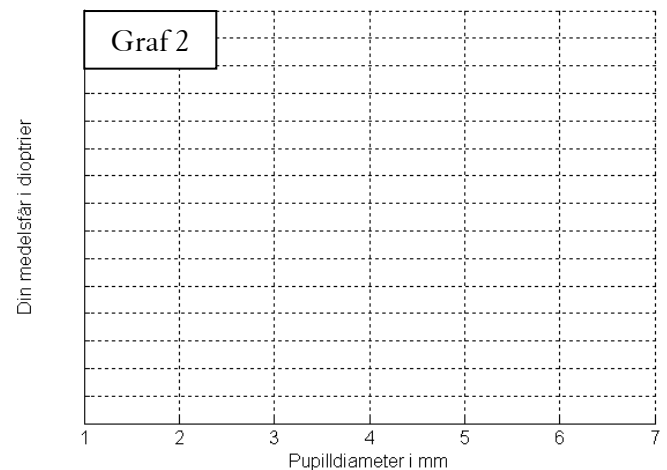
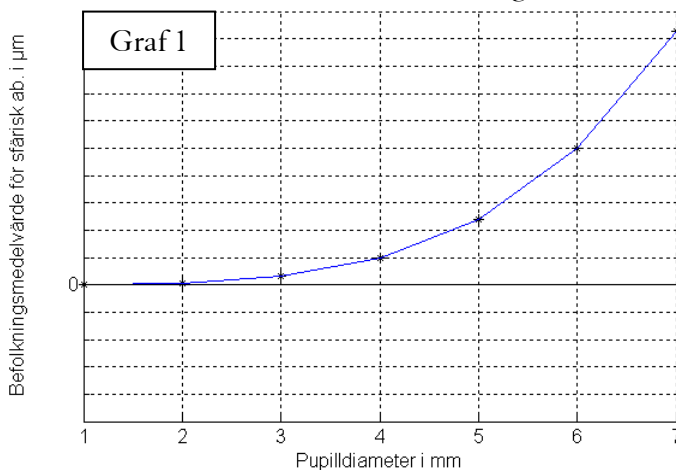
- Skapa dig ett konto på: <http://www.scalable-learning.com/#/users/student>
- Logga in: <http://www.scalable-learning.com>
- Välj "Join", samt använd "Course Enrollment Key": PHKZS-92404

1. Vilka optiska fel påverkar synen mest?
2. Hur räknar man om mellan visus och spatial frekvens i cykler/grad? Vilken frekvens motsvarar visus 1.3?
3. Hur stor är den sfäriska aberrationen i medeltal? (svara i  $\mu\text{m}$  och ange vid vilken pupillstorlek)
4. Använd föregående svar till att sätta ut rätt värden på y-axeln i graf 1 på nästa sida!
5. Vilken av ögats delar är det som gör att de flesta människor har positiv sfärisk aberration?
6. Hur brukar den sfäriska aberrationen ändra sig när man a) ackommoderar? b) åldras?
7. Vilken del av ögat är orsaken till dessa förändringar?
8. Förklara hur en sfärisk aberrations korrektion fungerar för en kund! Skriv en kort text (max  $\frac{1}{2}$  A4-sida) om hur korrektionen fungerar, vilka för- och nackdelar den har, samt varför glasögon inte kan användas för att korrigera sfärisk aberration.

### **Mätning och datorlab**

Mät din vågfront med Zywave och undersök den med "WavefrontLab". Ge kortfattade svar på följande frågor och bifoga lämpliga skärmskrifter av WavefrontLab fönstret och övriga fönster. (Använd tangenten "Print Screen" och klistra in i t.ex. Word. Alternativt kan man bocka för "Menu bar in figures" under *Options*-menyn och sedan kan man kopiera varje fönster för sig under *Edit*-meny som då dyker upp i alla fönster.)

- Starta WavefrontLab och öppna din vågfront med *Open wavefront* från *File*-menyn.
  - Öppna objektet "SnellenEinvert0\_5degVisus0\_5.tif" (motsvarar ett E på visus 0.5-raden) med *Open Object* i *File*-menyn.
  - Se till att  $FOV=0.5$  och att *use object* är förkrädd (för att beräkningarna ska bli rätt).
1. Tag fram fönster som visar vågfronten, näthinnebild, PSF samt MTF och skriv ut en skärmskrift som inkluderar dessa fönster tillsammans med WavefrontLab-fönstret.
  2. Hur stor pupilldiameter hade du vid mätningen? ( $RP_{max}/500$  ger diametern i mm)
  3. Vilken korrektion rekommenderar Zywave (PPR)? (står i *Correction*-rutan efter att vågfronten öppnats)
  4. Vilken högre ordningens aberration är störst? (titta på absolutvärdet av koefficient  $Z_3^{-3}$  och högre ordningar, dvs nedåt i listan: koefficient 7-28)
  5. Hur stor är din sfäriska aberration ( $Z_4^0$ )? Pricka ut den i graf 1 nedan för att se hur stor den är relativt befolkningsmedelvärdet.
  6. Hur stor är RMS-värdet för högre ordningens aberrationer (*RMS Hi ord.*)?
  7. Minska pupillen till hälften (ändra  $RP_{max}$ ). Hur och varför ändrar sig RMS-värdet?
  8. Räkna ut medelsfären ( $=M=S+C/2$ , sfärisk ekvivalent, dvs. bästa sfäriska glas) för RMS-refraktionen (i *Refraction*-rutan utan *Seidel* ikryssad) för olika pupillstorlekar och rita in dina värden i graf 2 med lämplig skala på y-axeln.
  9. Gör samma sak för medelsfären uträknad från Seidel-refraktionen (i *Refraction*-rutan med *Seidel* ikryssad) och rita i samma graf.
  10. Förklara varför kurvorna i graf 2 ser olika ut!



- Sätt pupillen till 3,5 mm ( $RP_{max}=1750 \mu\text{m}$ ), om din ursprungliga pupill var mindre kan du behålla den. Välj Seidel-refraktionen och optimera sedan refraktionen med avseende på Strehl kvoten (tänk på att flera optimeringar kan behövas, genom att högerklicka på *Optimize* kan man välja över hur stort område optimeringen görs, börja med stort).
11. Vad blir den optimala refraktionen?
  12. Uppdatera fönstren som visar vågfronten, näthinnebild, PSF samt MTF och skriv ut en skärmskrift som inkluderar dessa fönster tillsammans med WavefrontLab-fönstret.
  13. Titta på MTF-kurvan (använd inte log-grafen). Vilken kontrast har näthinnebild vid den spatial frekvens som motsvarar visus 1,3? Antag att objektets kontrast är 100%.
- Behåll refraktionen ovan. Variera pupillstorleken och titta på PSF och näthinnebild.
14. Ungefär vilken pupilldiameter ger bäst bild på näthinna?
  15. Varför blir det inte bara bättre ju mindre pupillen blir? Stämmer detta överens med figur 3.6 i CVO?

Lek gärna med programmet! Prova att ändra olika inställningar under *Options*-menyn. Ladda in andra objekt t.ex. en syntavla eller en nattkörningsbild (kom ihåg att uppdatera *FOV*).