

Licht als Welle

pohlig@kit.edu



Licht als Welle

Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

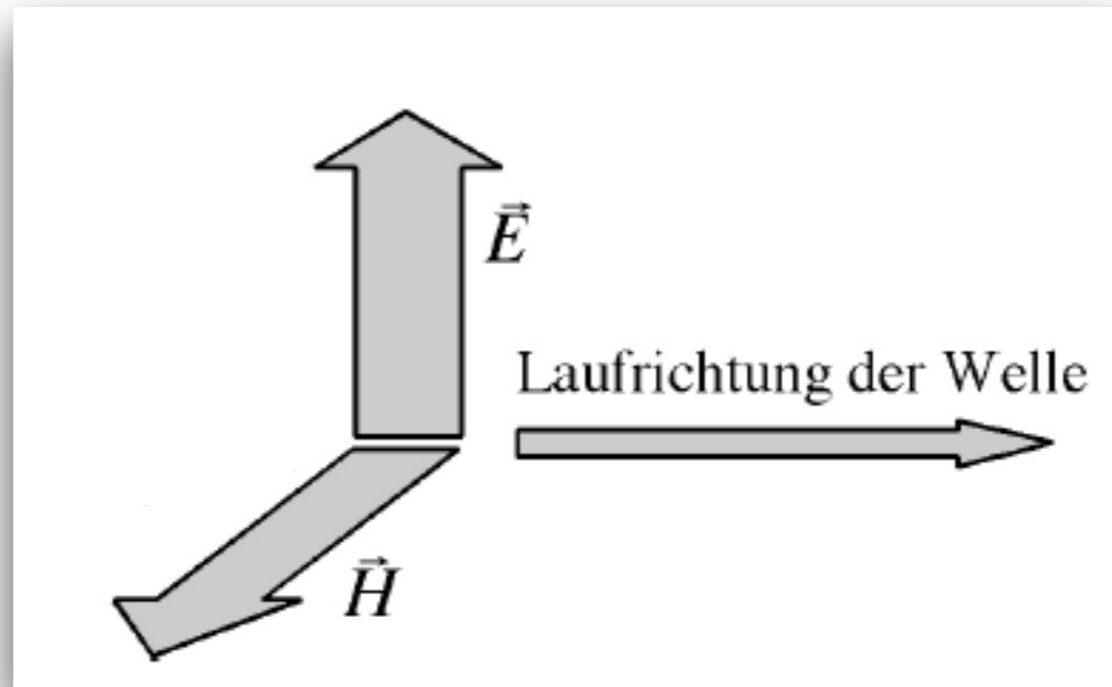
Kohärenzbreite

Kohärenzbereich

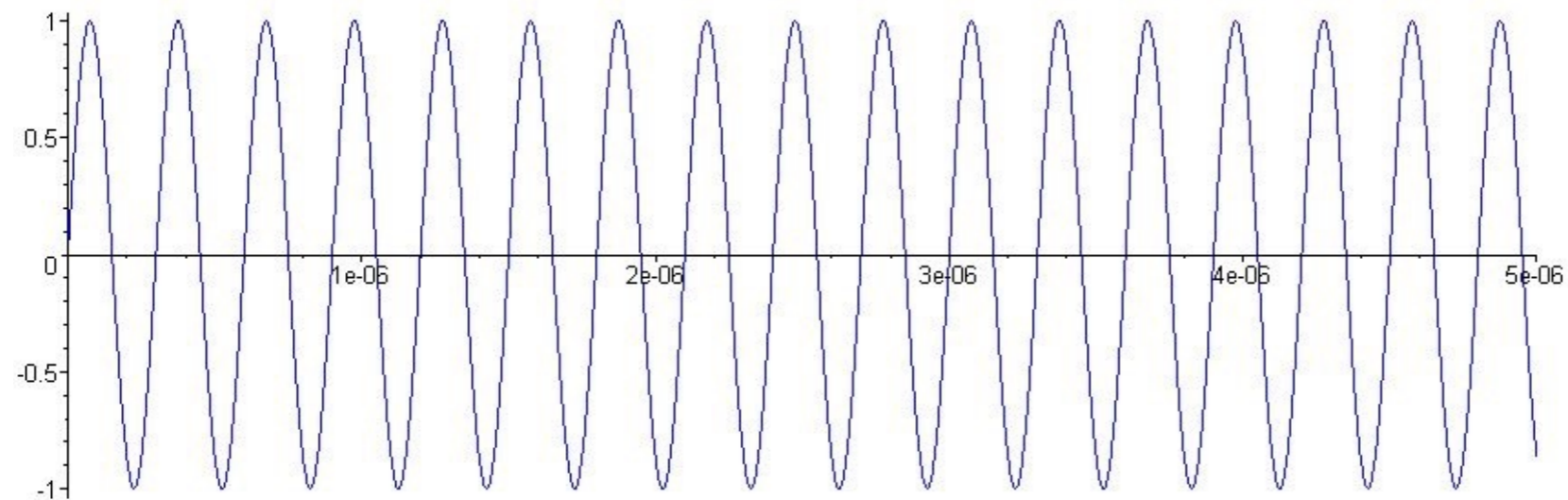
Herstellung kohärenten Lichts

Interferenz mit Laserlicht

Ebene Welle



```
> nm :=10^(-9):  
> w1 := x-> sin(2*Pi*x/(300*nm)):  
> plot (w1,0..8000*nm, numpoints = 400, color=blue);
```



Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

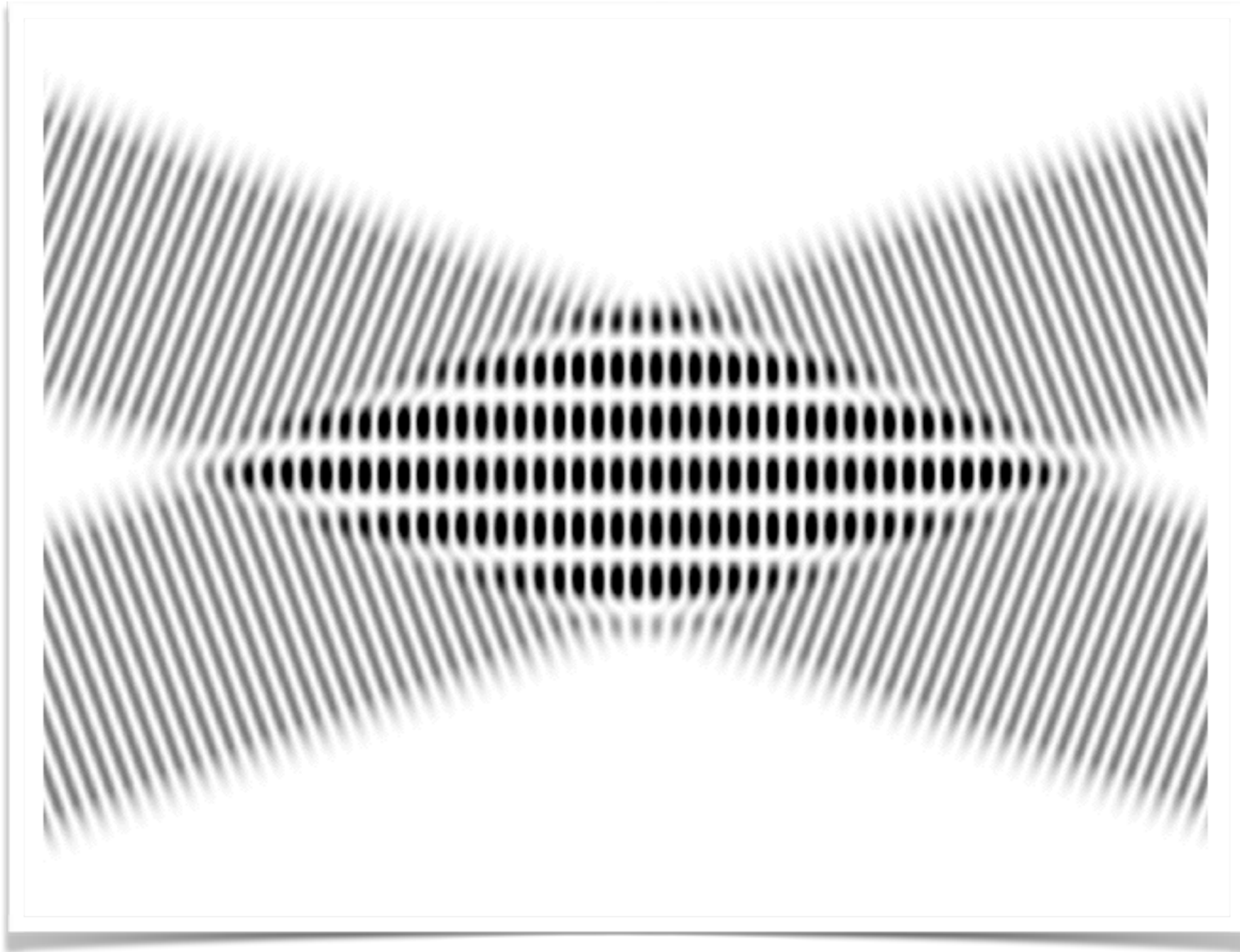
Kohärenzbreite

Kohärenzbereich

Herstellung kohärenten Lichts

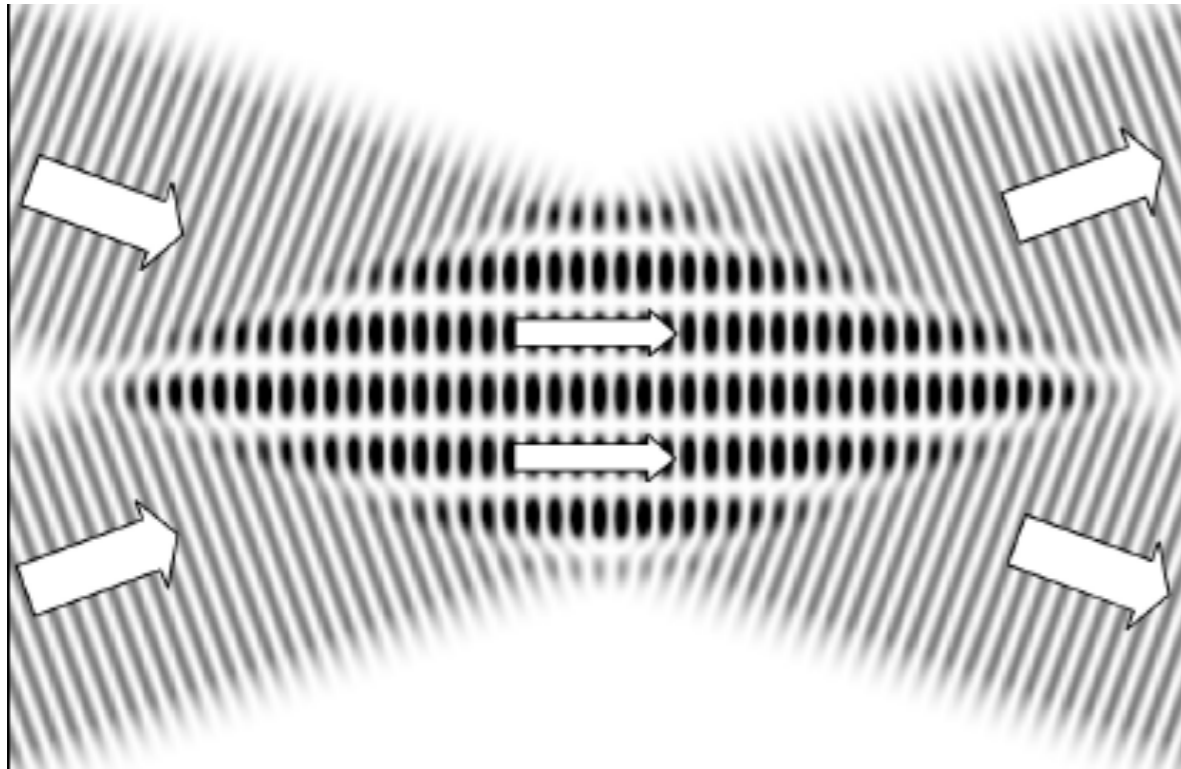
Interferenz mit Laserlicht

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“



gleiche Breiten und gleiche Wellenlängen: Quadrat der elektrischen Feldstärke $[E^2]$

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

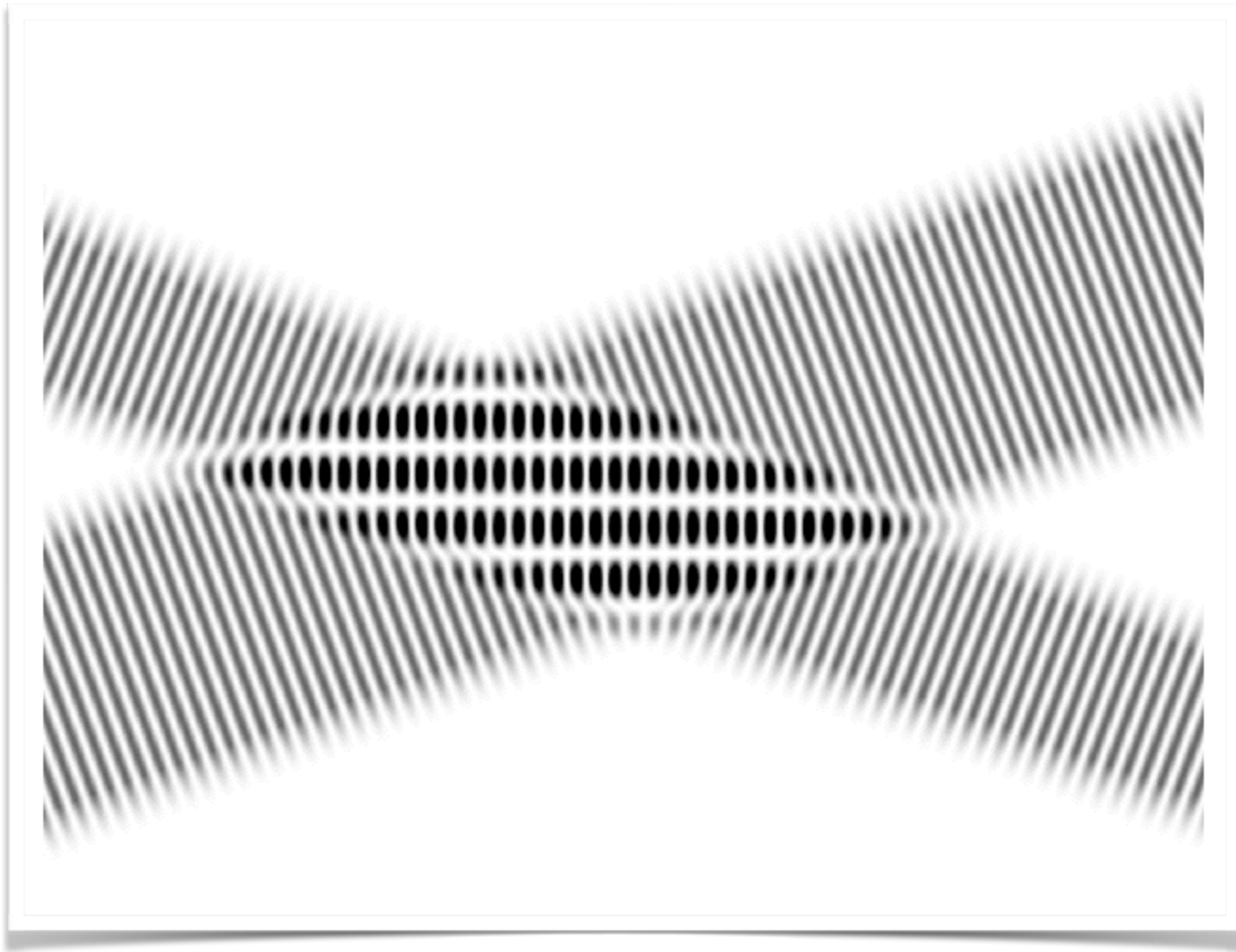


Momentanaufnahme: Energiedichte bei sich kreuzenden Lichtstrahlen



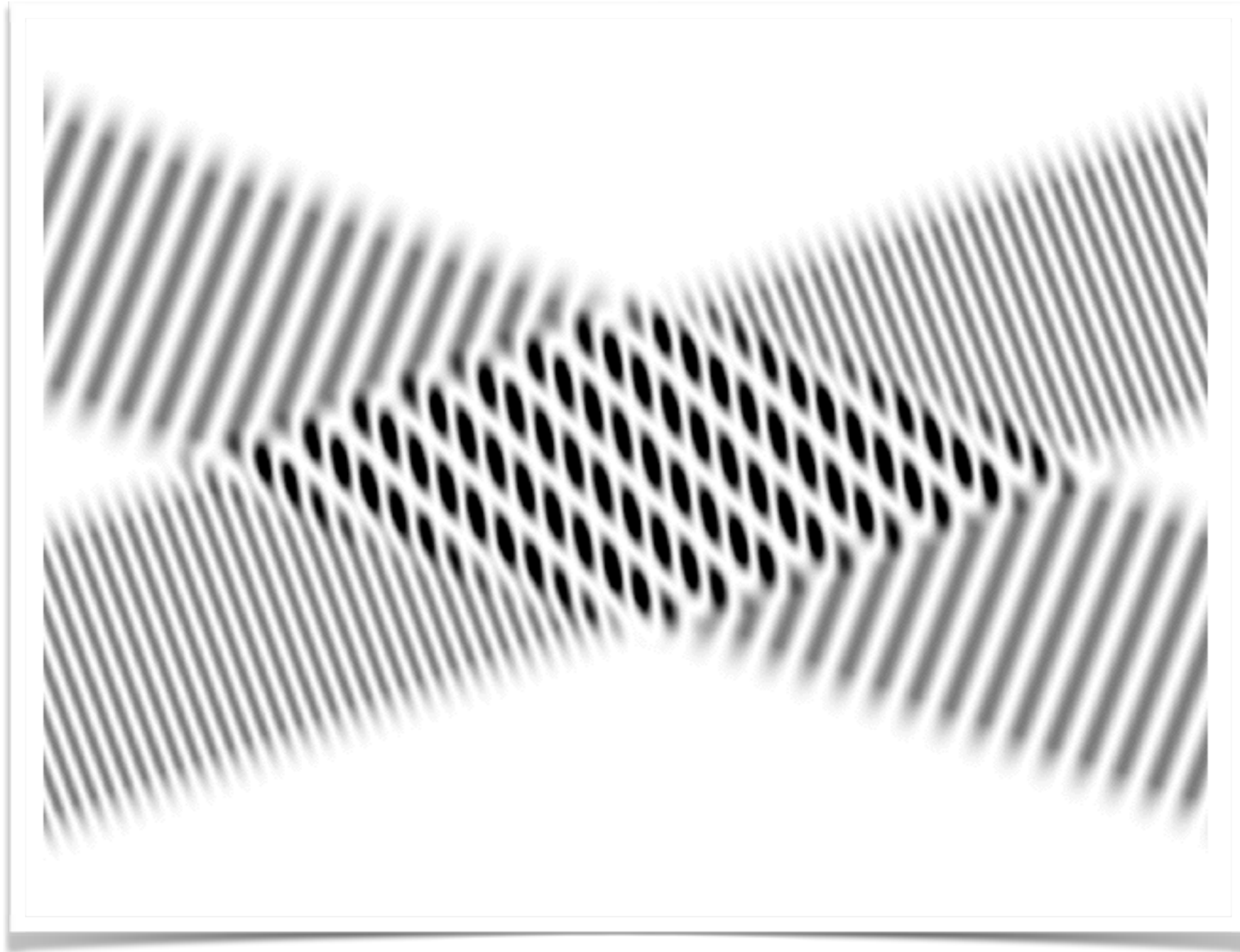
Zeitliches Mittel der Energiedichte

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“



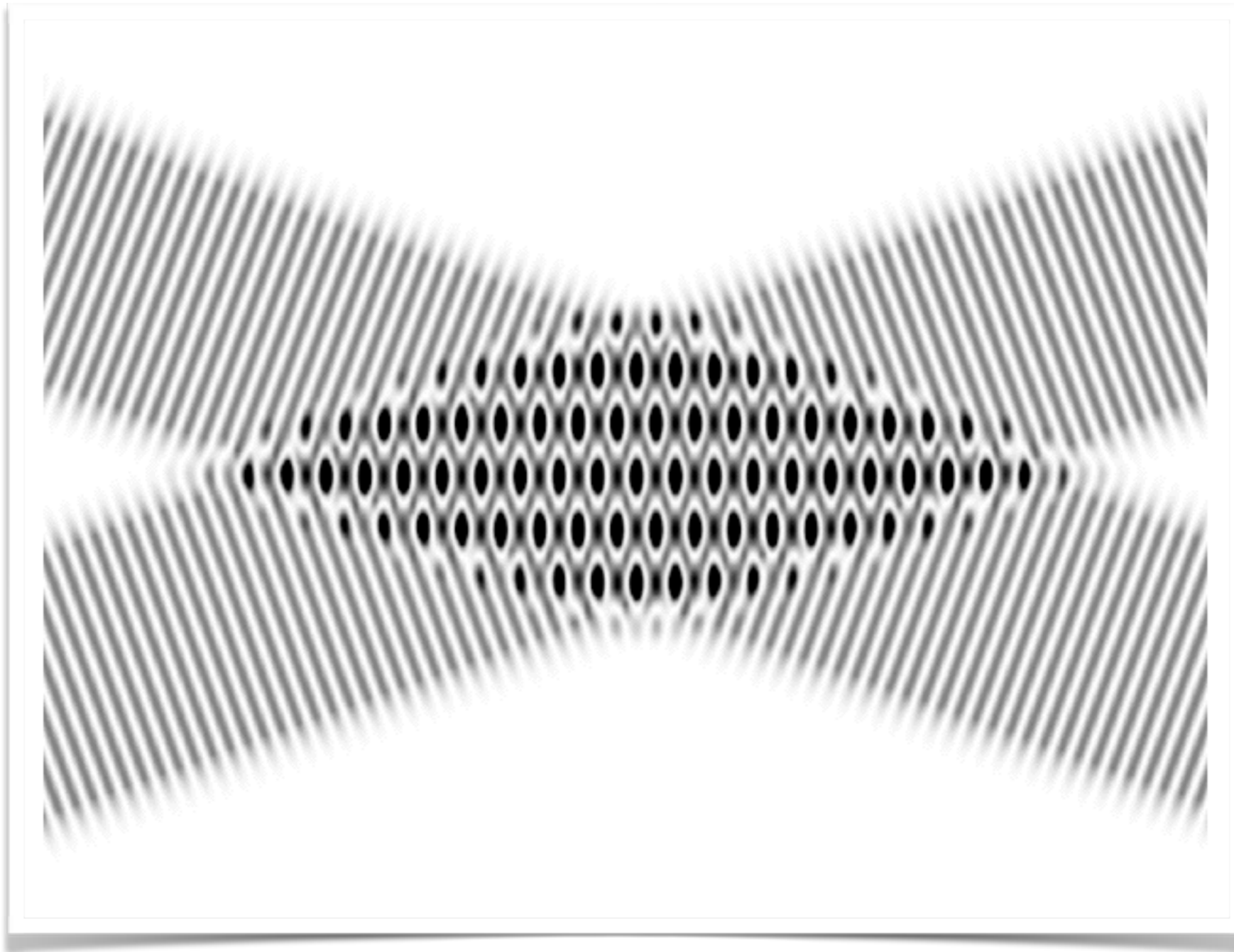
verschiedene Breiten und gleiche Wellenlängen - Quadrat der elektrischen Feldstärke $[E^2]$

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“



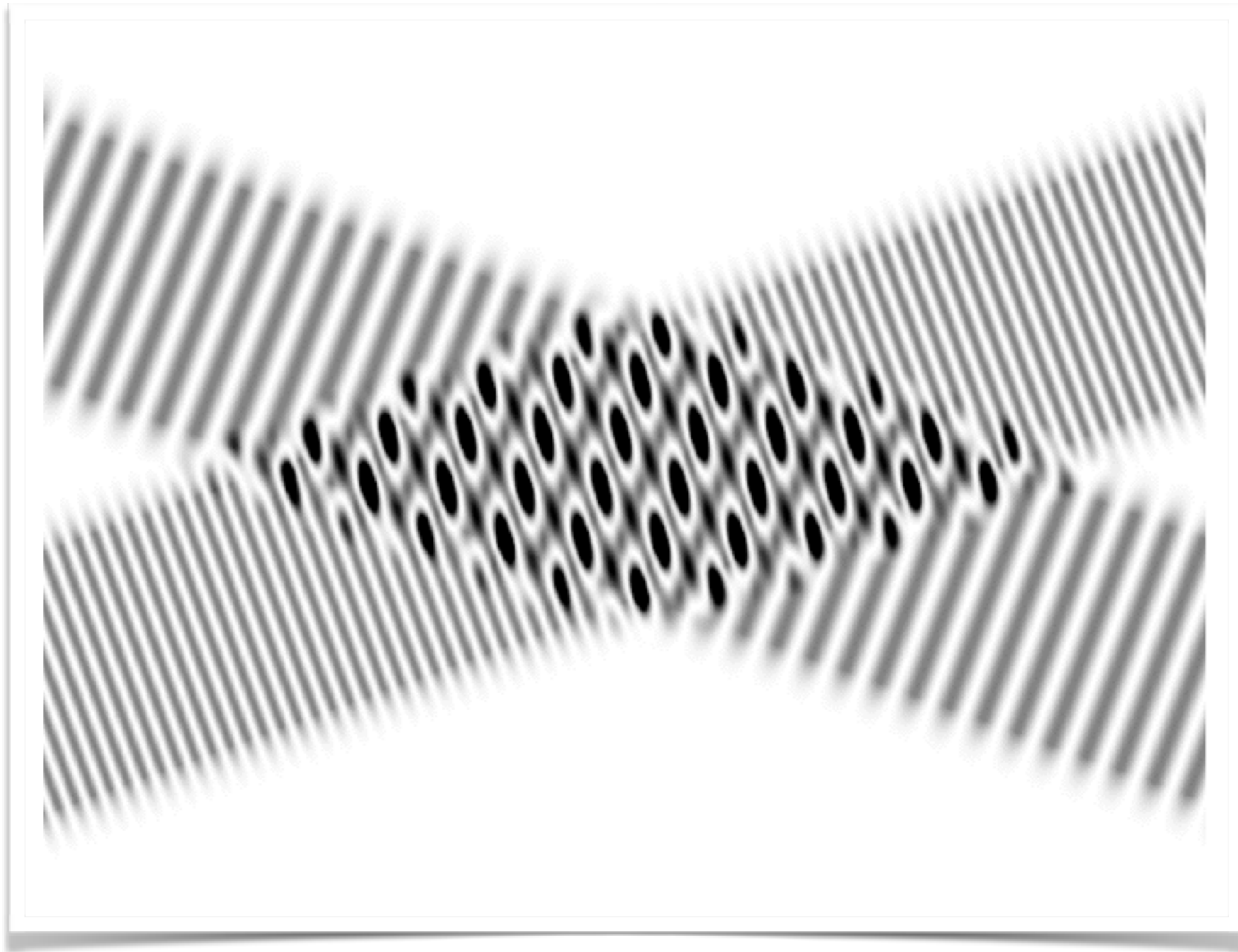
gleiche Breiten und verschiedene Wellenlängen - Quadrat der elektrischen Feldstärke $[E^2]$

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“



gleiche Breiten und gleiche Wellenlängen - Energiedichte $[E^2 + H^2]$

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“



gleiche Breiten und verschiedene Wellenlängen - Energiedichte $[E^2 + H^2]$

Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

Kohärenzbreite

Kohärenzbereich

Herstellung kohärenten Lichts

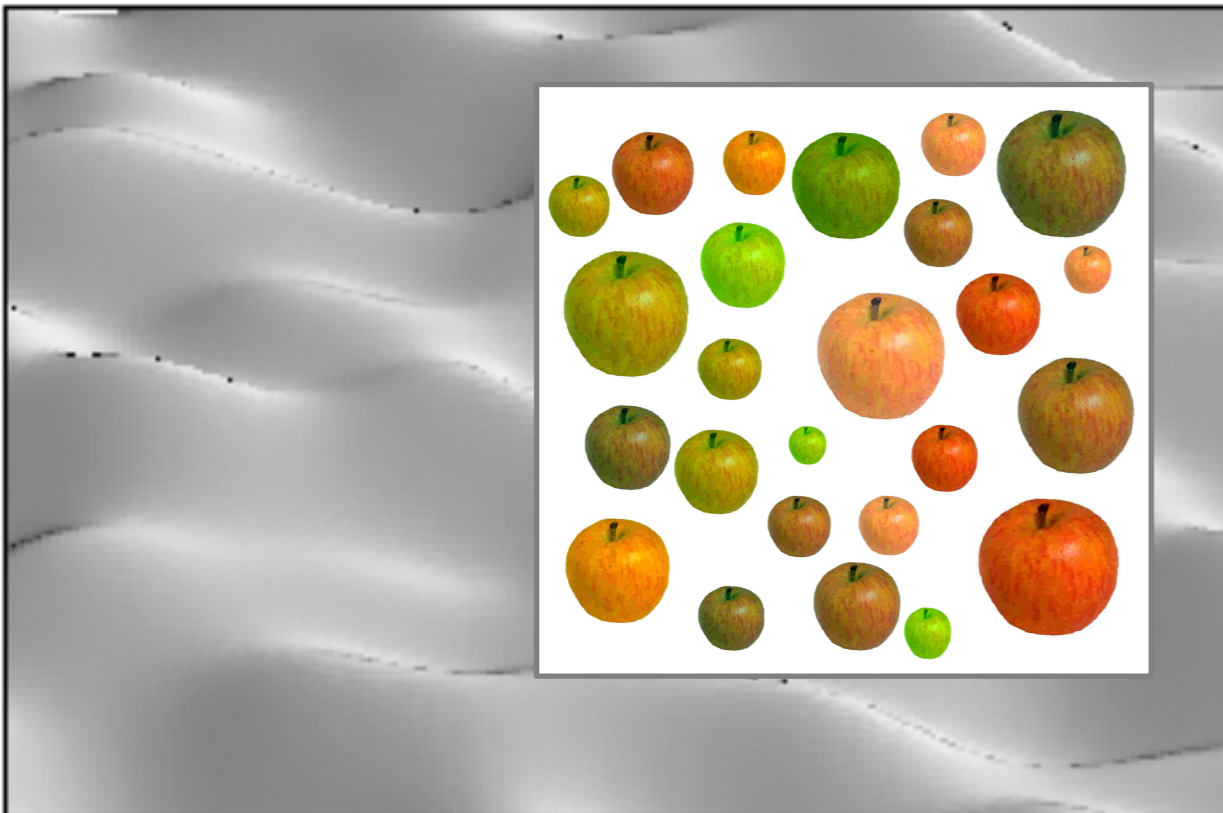
Interferenz mit Laserlicht

Kohärenz



**Licht - als Welle betrachtet -
interpretieren wir im Allgemeinen als
ein Durcheinander von Sinuswellen**

- unterschiedlicher Wellenlänge
- unterschiedlicher Richtung

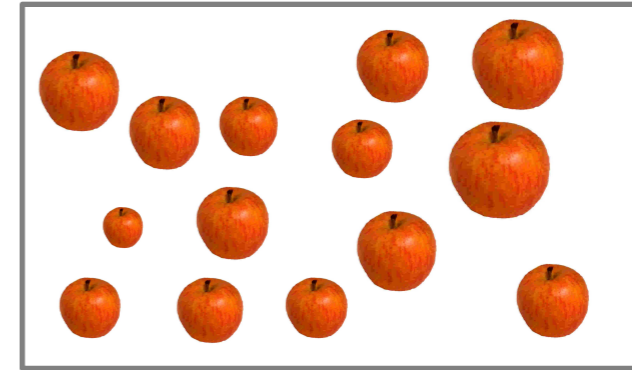


**Kiste mit Äpfeln einer
Streuobstwiese enthält ein
Durcheinander von Äpfeln**

- unterschiedlicher Größe
- unterschiedlicher Farbe

Kohärenz

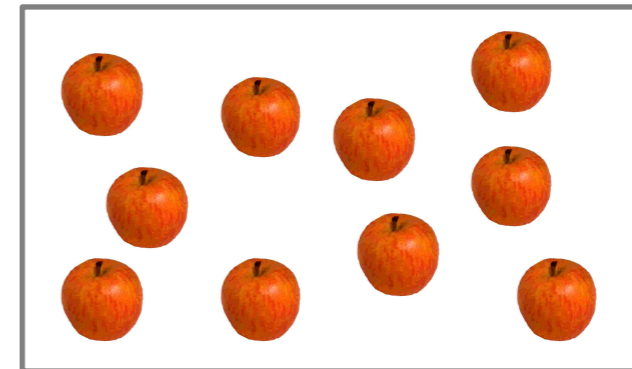
Licht einheitlicher Richtung



Licht einheitlicher Wellenlänge



**Licht einheitlicher Richtung und
einheitlicher Wellenlänge**



Kohärentes Licht für Interferenzexperimente

Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

Kohärenzbreite

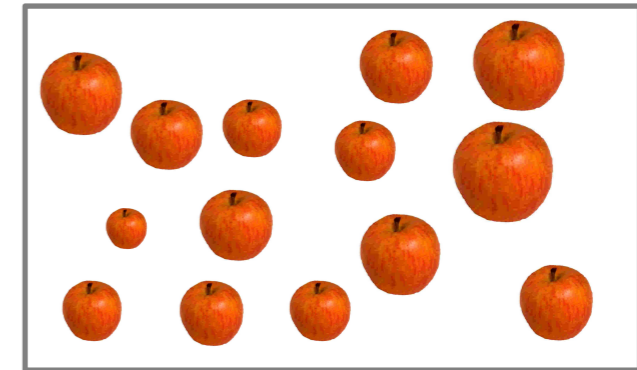
Kohärenzbereich

Herstellung kohärenten Lichts

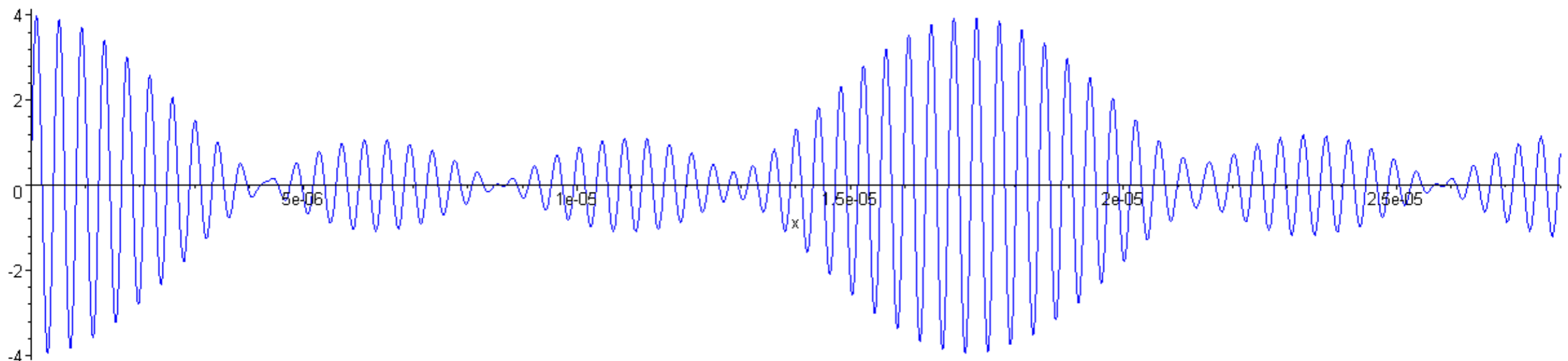
Interferenz mit Laserlicht

Kohärenzlänge

Licht einheitlicher Richtung



```
> w1 := x-> sin(2*Pi*x/(400*nm)) :  
> w2 := x-> sin(2*Pi*x/(410*nm)) :  
> w3 := x-> sin(2*Pi*x/(420*nm)) :  
> w4 := x-> sin(2*Pi*x/(430*nm)) :  
> s := x-> w1(x)+w2(x)+w3(x)+w4(x) :  
> plot (s(x),x= 0..28000*nm,numpoints = 400,color = blue) ;
```



Kohärenzlänge

Wellenlängenbereich $\Delta\lambda$

Kohärenzlänge (in Wellenlängen)

400 nm bis 410 nm

etwa 25

400 nm bis 430 nm

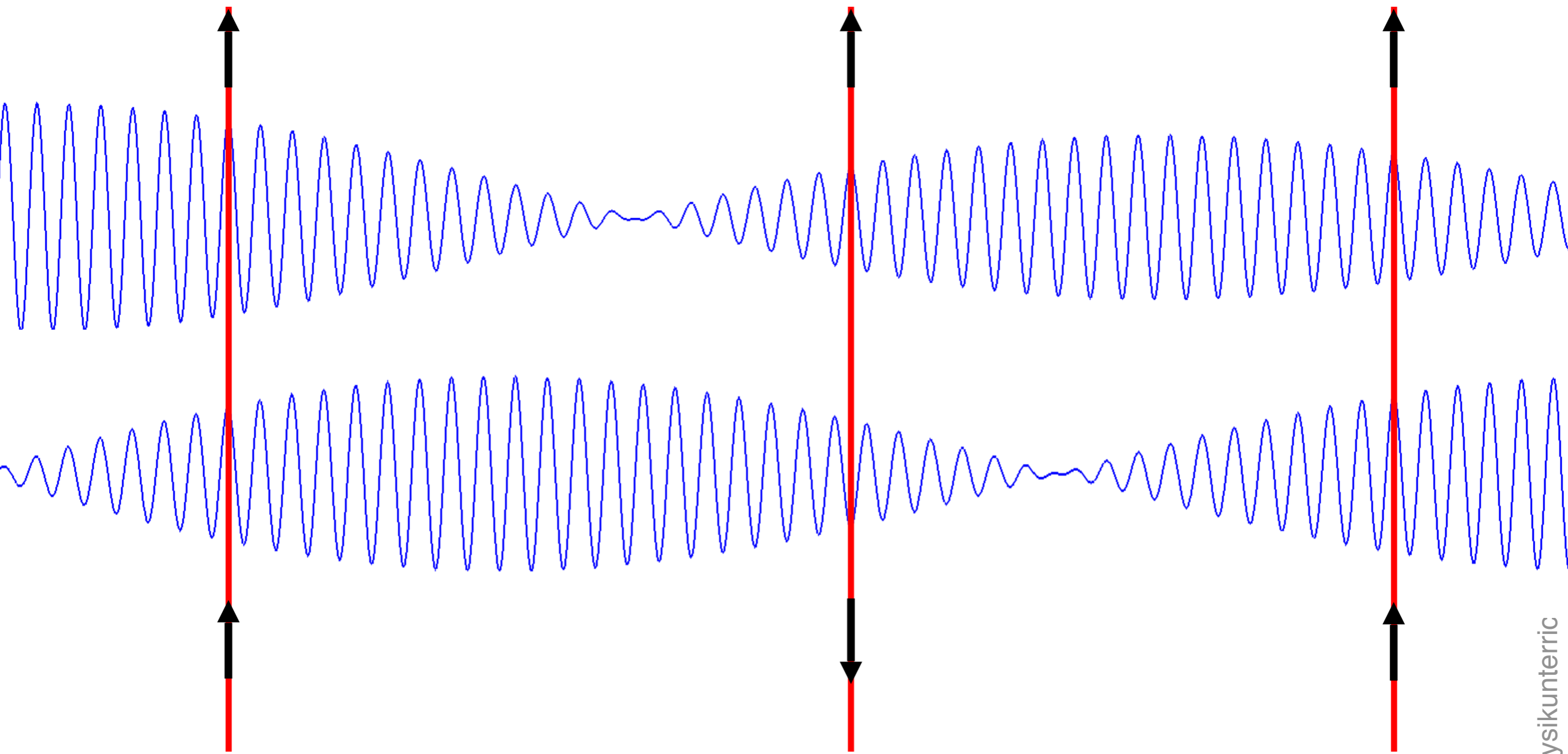
etwa 7

400 nm bis 500 nm

etwa 3

Kohärenzlänge = Länge der Bereiche, die ähnlich aussehen wie Ausschnitte aus einer reinen Sinuswelle

Kohärenzlänge



gleichphasig

gegenphasig

gleichphasig

Kohärenzlänge

aus kleinem Wellenlängenbereich → große Kohärenzlänge der resultierenden Welle

aus großem Wellenlängenbereich → kleine Kohärenzlänge der resultierenden Welle

Ansatz: $l_{Koh} = x \cdot \lambda$

x ist abhängig von $\Delta\lambda$ und von λ :

$\Delta\lambda$ klein gegenüber λ dann ist x groß

Es gilt: $l_{Koh} \approx \frac{\lambda}{2 \cdot \Delta\lambda} \cdot \lambda$

λ = mittlere Wellenlänge

Beispiel: $l_{Koh} \approx \frac{405nm}{2 \cdot 10nm} \cdot 405nm = 20,25 \cdot 405nm \approx 20 \cdot \lambda$

Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

Kohärenzbreite

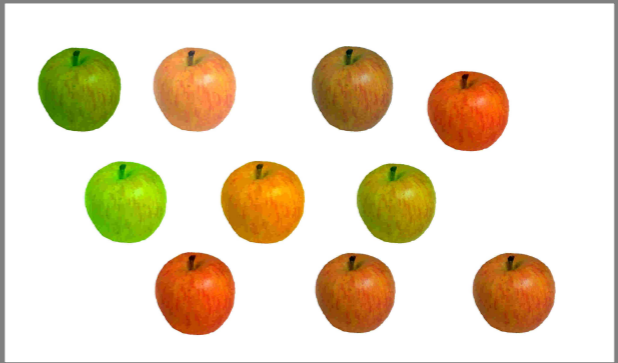
Kohärenzbereich

Herstellung kohärenten Lichts

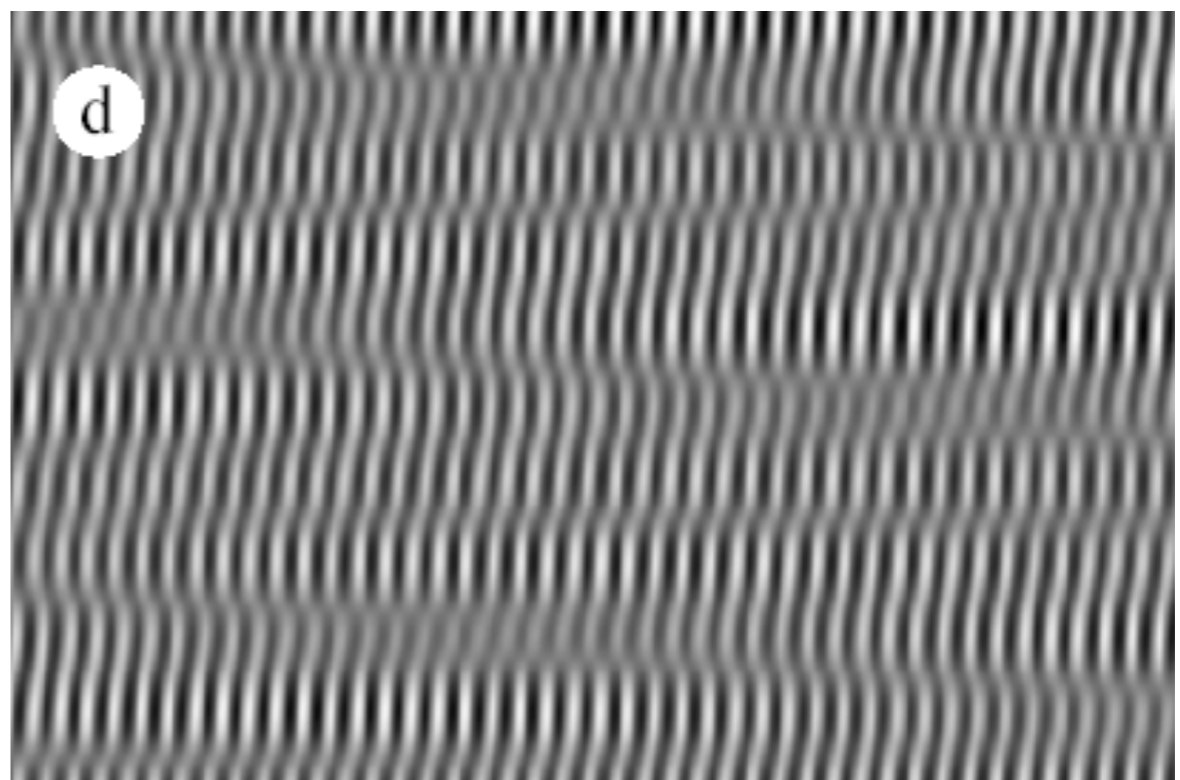
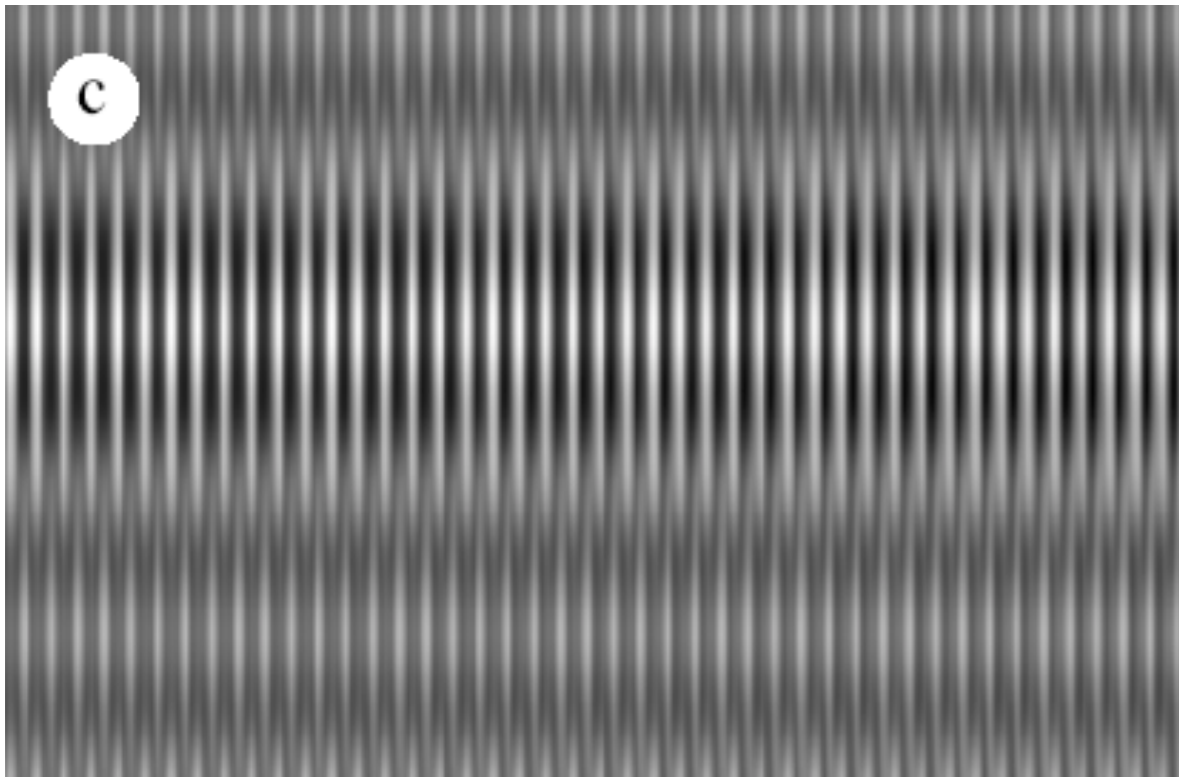
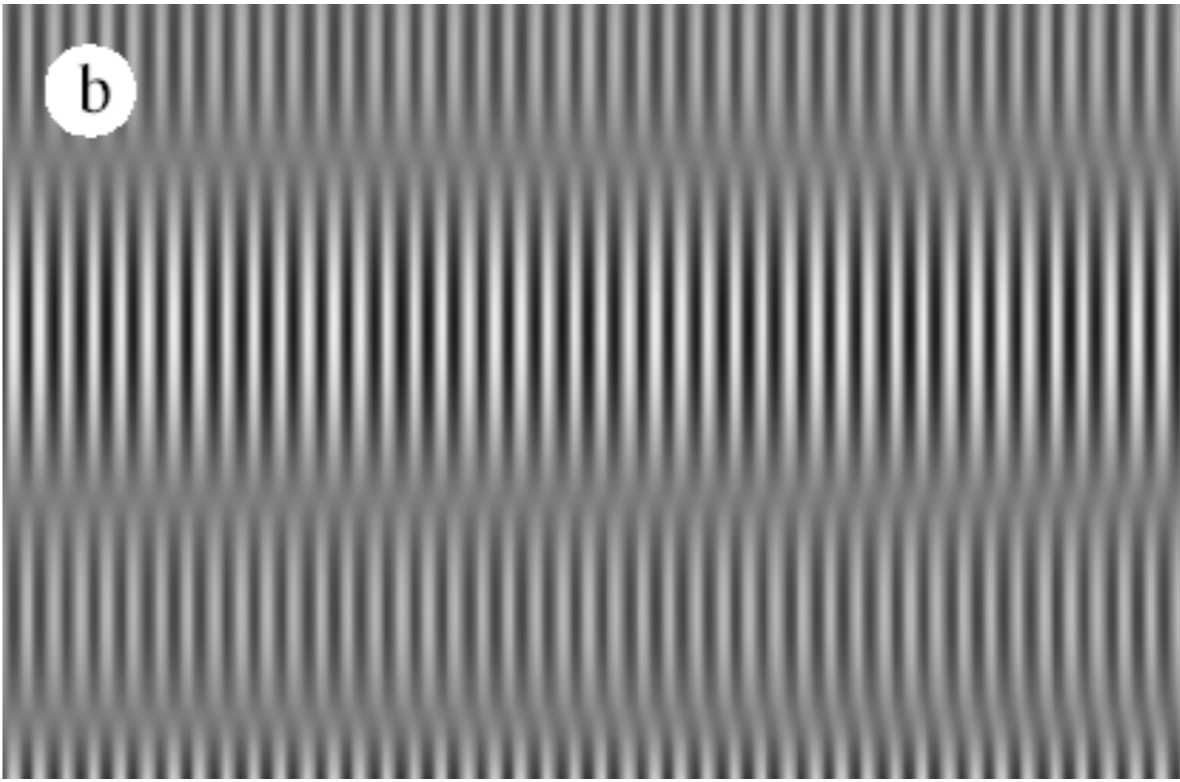
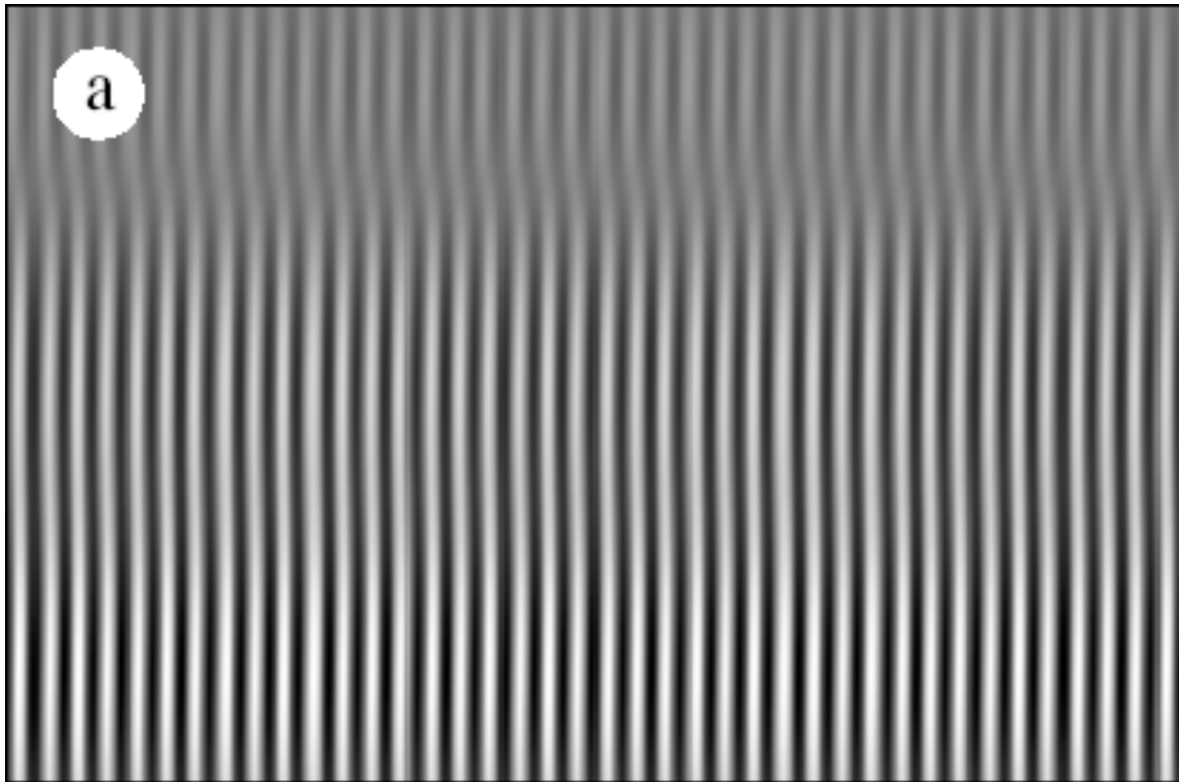
Interferenz mit Laserlicht

Kohärenzbreite

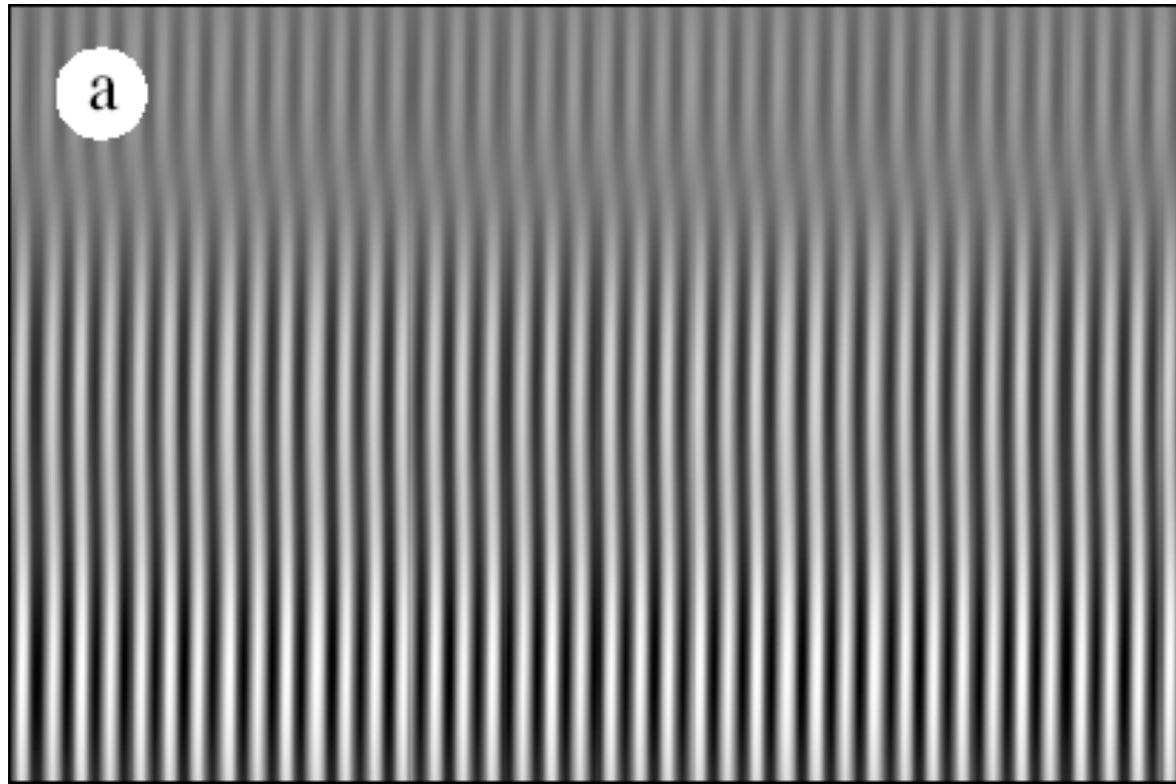
Licht einheitlicher Wellenlänge



Kohärenzbreite

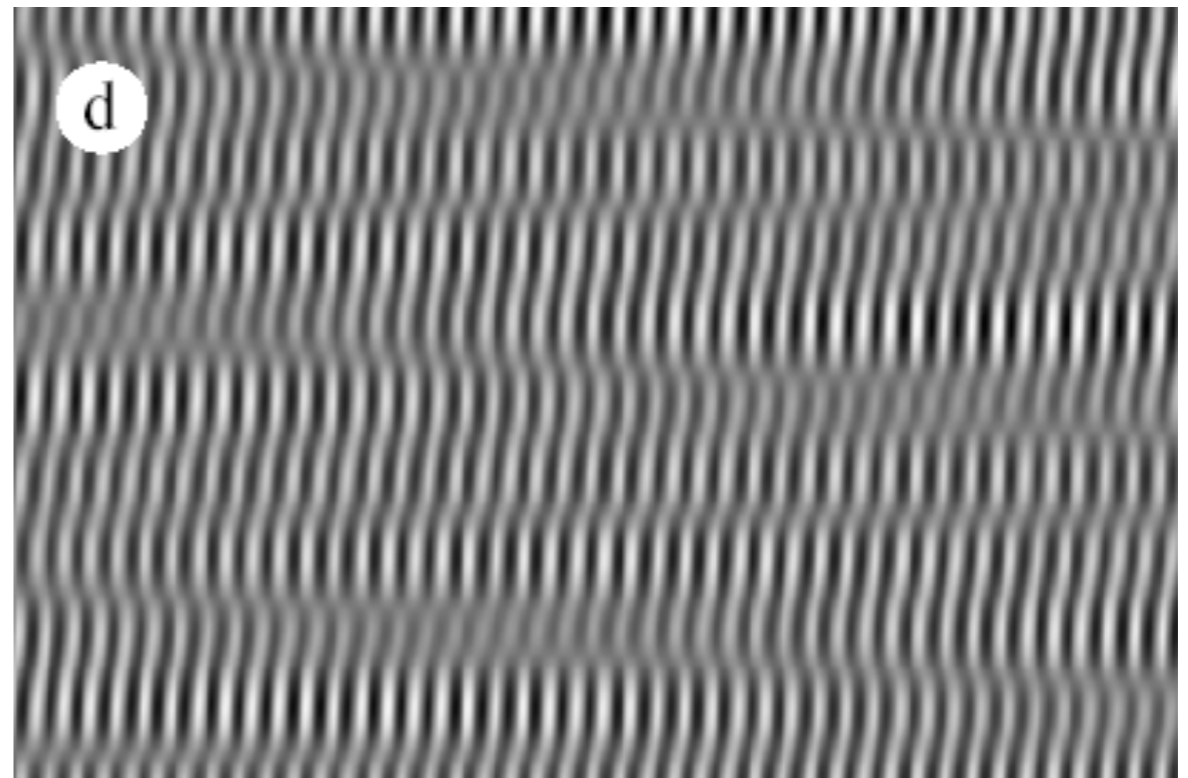


Kohärenzbreite



Sinuswellen aus kleinem Winkelbereich:
große Kohärenzbreite

Sinuswellen aus großem Winkelbereich:
kleine Kohärenzbreite



Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

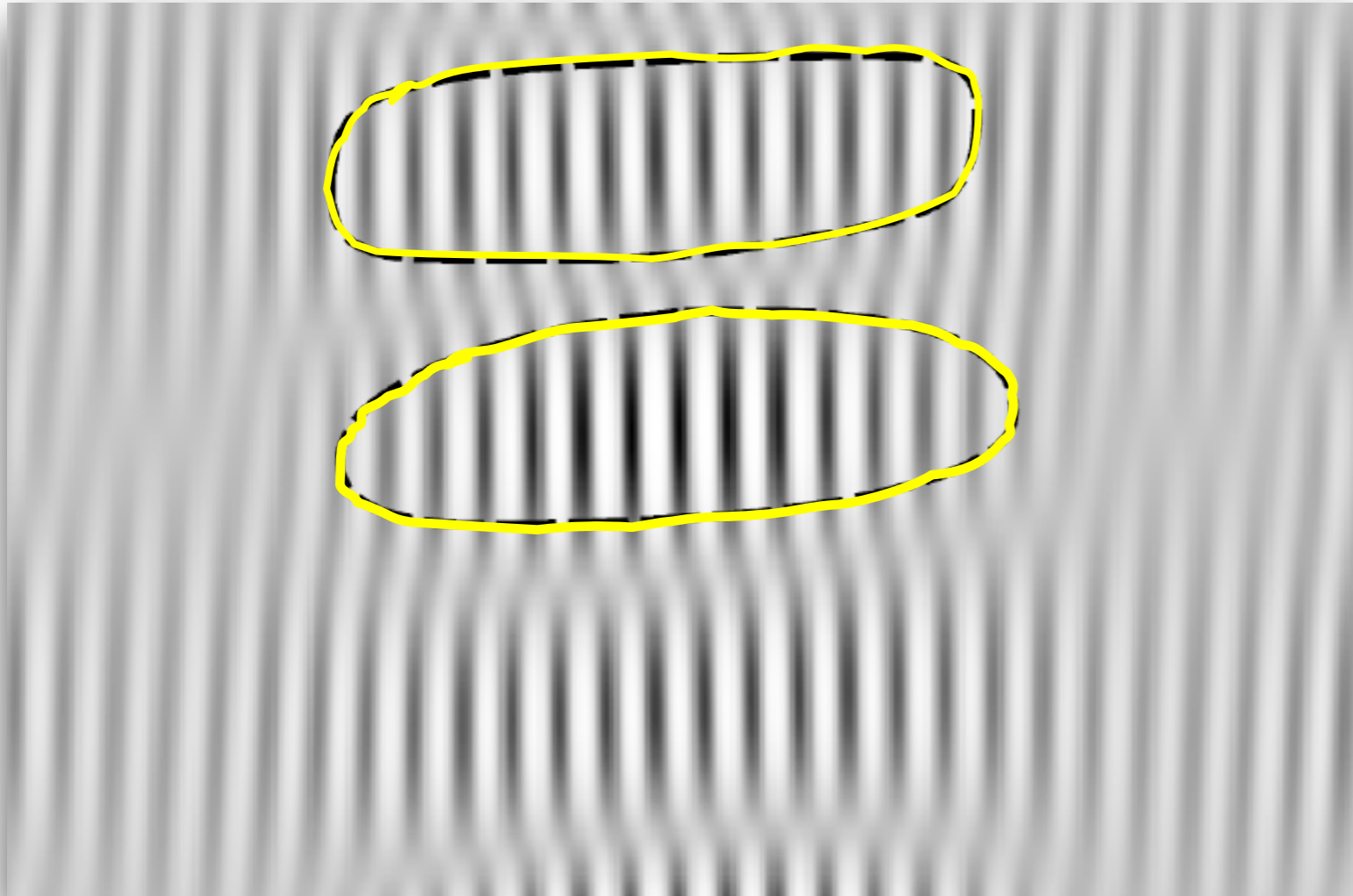
Kohärenzbreite

Kohärenzbereich

Herstellung kohärenten Lichts

Interferenz mit Laserlicht

Kohärenzbereich



Überlagerung von Wellen unterschiedlicher Richtung und unterschiedlicher Wellenlänge

Es gibt Bereiche, in denen die Welle wie ein Ausschnitt aus einer reinen Sinuswelle aussieht: in denen die Welle kohärent ist.

Diese Kohärenzbereiche sind

- um so länger, je kleiner $\Delta\lambda$ ist.
- um so breiter, je kleiner $\Delta\alpha$ ist.

Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

Kohärenzbreite

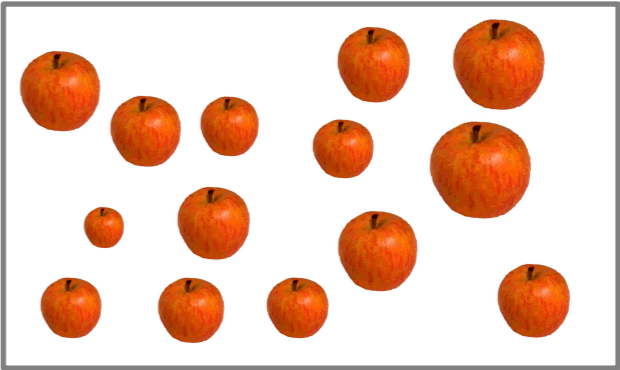
Kohärenzbereich

Herstellung kohärenten Lichts

Interferenz mit Laserlicht

Herstellung kohärenten Lichts

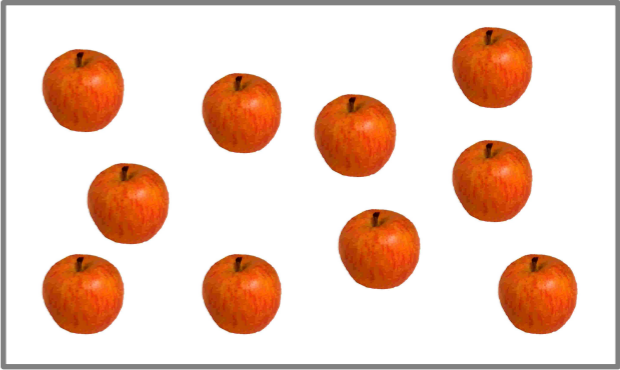
Licht einheitlicher Richtung
(große Kohärenzbreite)



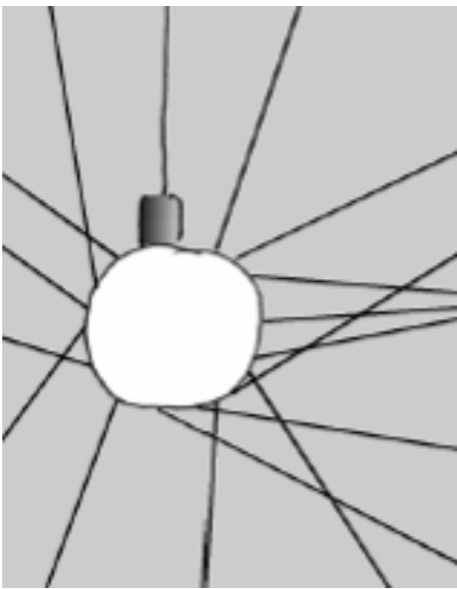
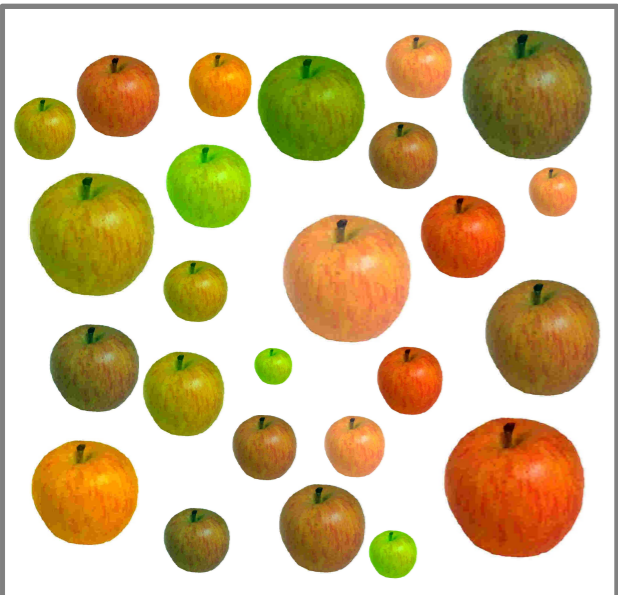
Licht einheitlicher Wellenlänge
(große Kohärenzlänge)



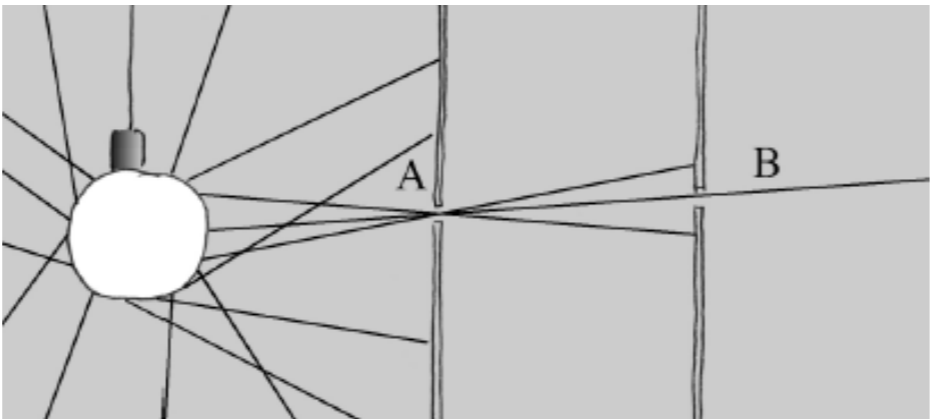
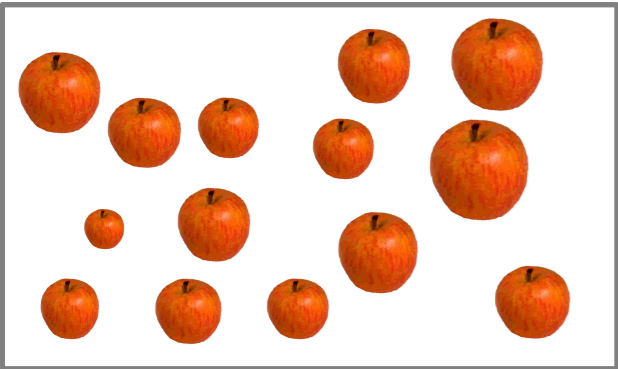
Licht einheitlicher Richtung und
einheitlicher Wellenlänge
(völlig kohärentes Licht)



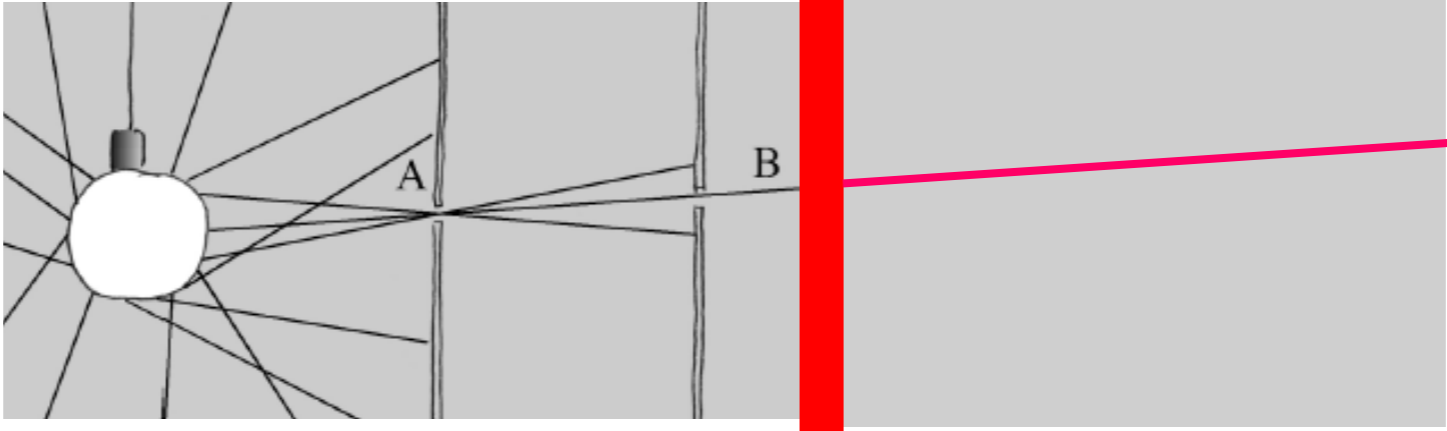
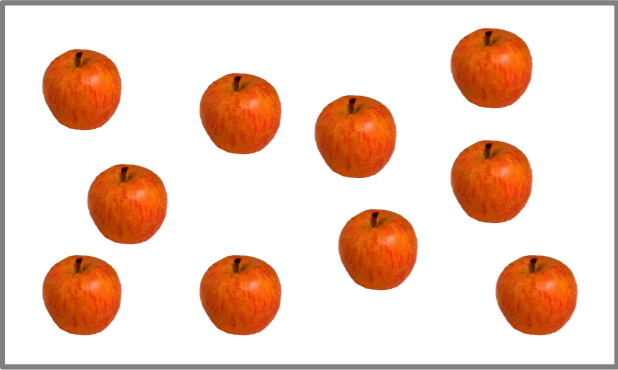
Herstellung kohärenten Lichts



Inkohärentes Licht



Licht einer Richtung



Licht einer Richtung und Farbe
kohärent

Ebene Welle

Interferenz bei sich kreuzenden „Strahlen“

Kohärenz

Kohärenzlänge

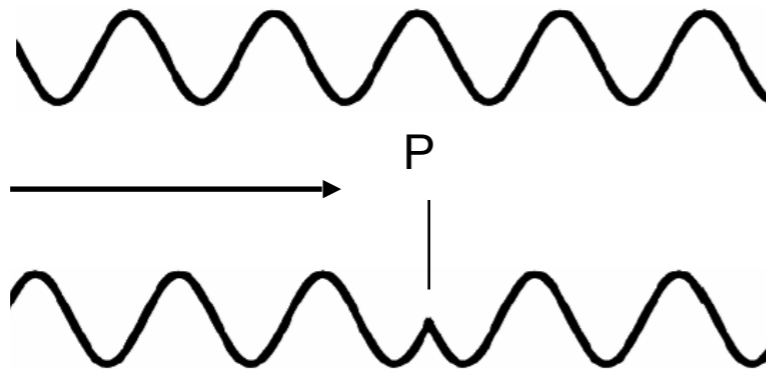
Kohärenzbreite

Kohärenzbereich

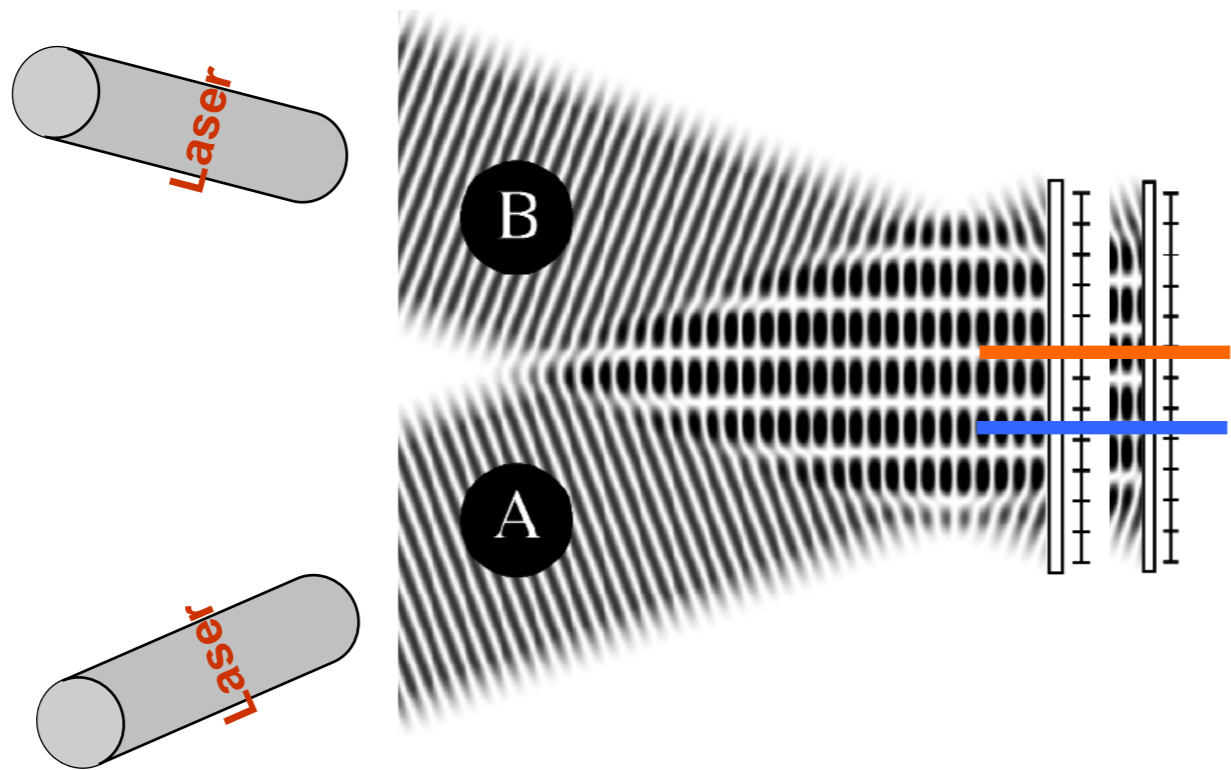
Herstellung kohärenten Lichts

Interferenz mit Laserlicht

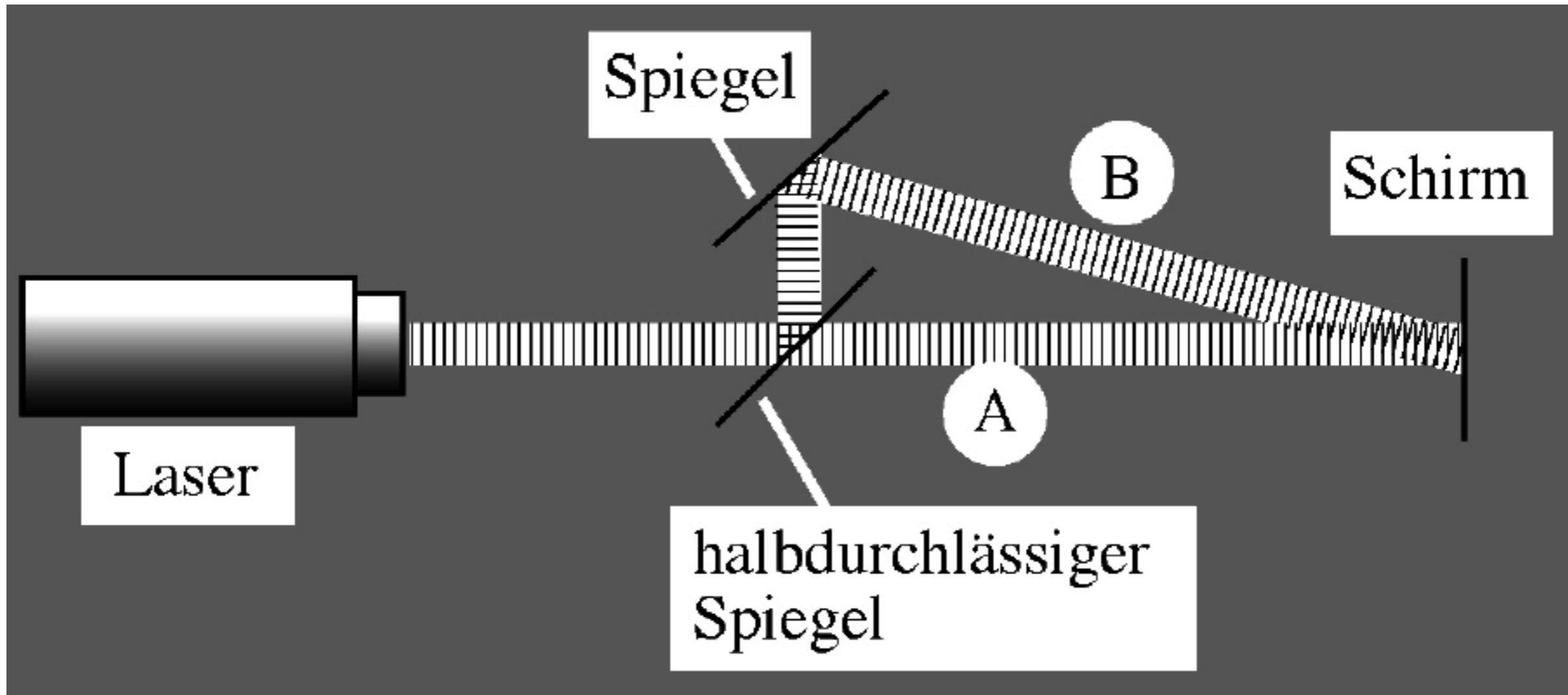
Interferenz mit Laserlicht



Bei P gerät die Welle aus dem Takt.



Interferenz mit Laserlicht



Bedingung für ein festes Interferenzmuster:

Der Unterschied der Weglängen A und B muss deutlich kleiner sein als die Kohärenzlänge.