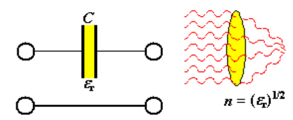
6.4.5 Merkpunkte zu Kapitel 6.4 "Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante"

- Uns interessieren Frequenzen bis in Ultraviolette - d. h. jenseits **10^{15} Hz**.
  - Die Grundbeziehung ist ⇒
  - Wie Eingang und Ausgang aussieht, hängt von der Frequenz ab.
  - Bei optischen Frequenzen wird man z. B. Licht durch eine Linse schicken, bei ***RF*** reicht es, einen Kondensator zu vermessen.

$$E_{out} = \epsilon(\omega) \cdot E_{in}$$



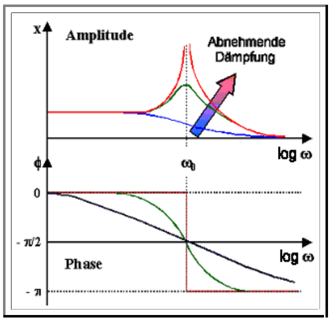
- Es gibt nur zwei grundlegende Mechanismen, die die Frequenzabhängigkeit der **DK** bestimmen:
  - Elektronenpolarisation und ionische Polarisation zeigen *Resonanz* ; die Orientierungspolarisation zeigt *Relaxation*.

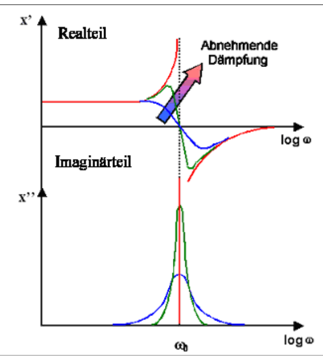
1. Resonanz
2. Relaxation

- Resonanz erhält man beim getriebenen gedämpften Schwinger.
  - Die Lösungen kann man als Amplitude und Phase oder als Real- und Imaginärteil einer komplexen Amplitude darstellen
  - Die Amplitude bestimmt das elektrische Dipolmoment, da in beiden Resonanzmechanismen die Ladungen gegeneinander schwingen.

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + mk_R \cdot \frac{dx}{dt} + k_F \cdot x = q \cdot E_0 \cdot \cos(\omega t)$$

- Die Darstellung der Lösung sieht dann so aus; wir nehmen natürlich die komplexe Variante





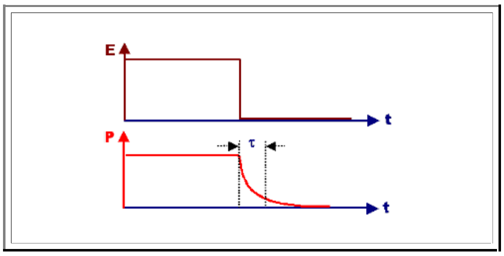
  - Damit ist der Verlauf der komplexen **DK** im Bereich der Resonanzen grundsätzlich skizziert

- In allen Materialien muss die Resonanz stets stark gedämpft sein, da die die Energie eines heftig schwingenden Dipols sofort auf Nachbarn dissipiert wird.

- Die Resonanzfrequenz ω_0 ist gegeben durch ⇒
  - In der Federkonstante der ionischen Polarisation steckt der ***E***-Modul. Es schwingen "schwere" Atome, und wir wissen schon, dass $\omega_0 \approx 10^{13}$.
  - Bei der Atom- oder Elektronenpolarisation schwingen leichte Elektronen, daher $\omega_0 \approx 10^{15}$ d.h. im optischen Bereich.

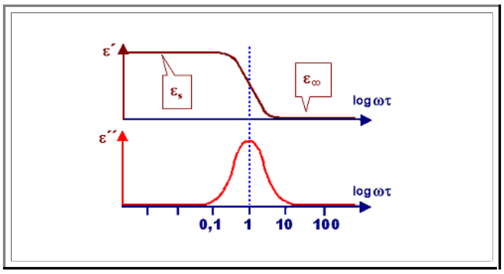
$$\omega_0' = \left(\frac{k_F}{m}\right)^{1/2}$$

- Die *Relaxation*, d.h. allmähliche Rückkehr aus dem etwas orientierten Zustandes nach Abschalten des Feldes in den völlig ungeordneten Zustand, wird beschrieben durch ⇒
  - Aus der Grundgleichung in der Zeit, die das "Abschalten" beschreibt,



$$P(t) \;=\; P_0 \cdot \exp(-t / \tau)$$

folgt die Grundgleichung in der Frequenz durch Fourier-Transformation. Der Graph dazu sieht so aus ⇒



  - Der typische Wert der Relaxationszeitkonstante **τ** liegt im Bereich **1/τ** ≈ **10 GHz**.
  - Insbesondere der Imaginärteil erklärt die Funktionsweise der "*Mikrowelle*".