

**Universität Hamburg**  
**Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene**  
**Sommer-Semester 2014**

**Versuch: Oberflächenplasmonen**  
durchgeführt vom 15.09. bis zum 21.09.2014

von           Alexander Okupnik  
              Vincent Koppen  
Betreuer:   Jens Ehlermann



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>4</b>
1.1	Oberflächenplasmonen . . . . .	4
1.2	Dispersionsrelationen . . . . .	5
1.3	Permittivitäten . . . . .	5
<b>2</b>		<b>6</b>
2.1	. . . . .	6
<b>3</b>		<b>7</b>
3.1	. . . . .	7
<b>4</b>		<b>8</b>
4.1	. . . . .	8
<b>5</b>		<b>9</b>
5.1	. . . . .	9
<b>6</b>		<b>10</b>
6.1	. . . . .	10
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>11</b>

# 1 Theoretische Grundlagen

## 1.1 Oberflächenplasmonen

Ein *Plasma* ist ein Gas aus freien Ladungsträgern mit Gesamtladung 0 – so zum Beispiel ein vollständig ionisiertes Gas. Im Rahmen des Drude-Modells der quasifreien Elektronen in einem metallischen Festkörper kann man die bis auf reibungsartige Kräfte freien Leitungselektronen als Plasma betrachten. In einem solchen Elektronenplasma als Medium können sich Ladungsträgerdichteschwankungen als Wellen fortpflanzen. Man nennt eine solche sich fortpflanzende Plasmawelle *Plasmon*.

In einem Volumen aus Plasma gilt für eine sich als ebene Welle fortpflanzende Elektromagnetdichteschwankung, dass das erzeugte elektrische Feld stets parallel zum  $k_{VP}$ -Vektor ist, den man der ebenen Plasmawelle (dem *Volumenplasmon*) zuordnet. Da bei elektromagnetischen Wellen der entsprechende  $k$ -Vektor immer senkrecht auf dem  $E$ -Feld steht, kann es daher über das elektrische Feld keine Kopplung zwischen Licht und Volumenplasmonen geben.

Es gibt auch sogenannte *Oberflächenplasmonen*, die Ladungsdichteschwankungen in der Grenzfläche zwischen einem Metall und einem Isolator entsprechen. Wie in Abbildung 1.1 illustriert, führen diese nahe der Grenzfläche auch zu dieser senkrechte Anteile des elektrischen Felds mit sich.

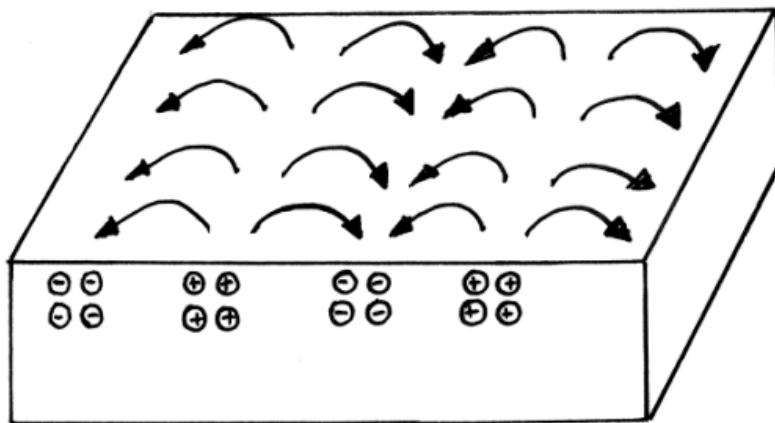


Abbildung 1.1: Oberflächenplasmonen in der Grenzschicht zwischen Metall und Luft

Es gibt dann potentiell Anregungen von Oberflächenplasmonen durch bezüglich seiner Einfallsebene zur Grenzfläche  $p$ -polarisiertem Licht, mit einem  $k_{\text{OP}}$ -Vektor gleich der zur Grenzfläche parallelen Komponente des  $k$ -Vektors von Licht. Die Resonanzen dieser Anregung geschehen bei Übereinstimmung von sowohl Frequenz  $\omega$  als auch Wellenlänge  $\frac{2\pi}{k}$  des zur Grenzfläche parallelen Anteils des Lichts und der Oberflächenplasmonen, also bei Schnittpunkten der jeweiligen Dispersionrelationen zwischen  $\omega$  und  $k$ .

## 1.2 Dispersionsrelationen

Die Dispersionsrelation von Oberflächenplasmonen in der Grenzschicht zwischen einem Metall (2) mit Permittivität  $\varepsilon_2$  und einem Dielektrikum (1) mit Permittivität  $\varepsilon_1$  ist

$$k = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}} \quad (1.1)$$

Die Dispersionsrelation von Licht in einem Medium ( $i$ ) mit Permittivität  $\varepsilon_i$  ist

$$k = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon_i} \quad (1.2)$$

Wenn Licht mit Einfallswinkel  $\theta$  auf eine ebene Grenze des Mediums ( $i$ ) fällt, dann gilt damit für die zur Ebene parallele Komponente  $k_x$  des Licht- $k$ -Vektors

$$k = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon_i} \sin \theta \quad (1.3)$$

## 1.3 Permittivitäten

Die Permittivität von Luft ist in guter Näherung 1.

Für die Permittivität von Glas gibt es die empirische Näherungsformel

$$\varepsilon_{\text{Glas}} = 2,979864 + \frac{877780,8}{\frac{\lambda}{\text{\AA}}^2 - 1060900} - \frac{84,06224}{96 - \frac{\lambda}{\text{\AA}}^2 10^{-8}} \quad (1.4)$$

und für Silber haben wir

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{Ag}} = & -219,945 - 0,0261695 \frac{\lambda}{\text{\AA}} + 3,8559 \sqrt{\frac{\lambda}{\text{\AA}}} + \frac{4857,2}{\sqrt{\frac{\lambda}{\text{\AA}}}} \\ & + i(7,139 + 0,001656 \frac{\lambda}{\text{\AA}} - 0,2129 \sqrt{\frac{\lambda}{\text{\AA}}}) \end{aligned} \quad (1.5)$$

## 2

### 2.1

# 3

## 3.1

# 4

## 4.1



# 5

## 5.1

# 6

## 6.1

## 7 Literaturverzeichnis