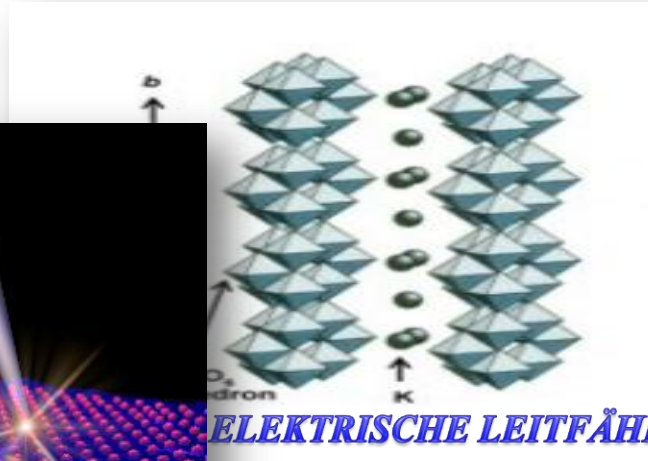
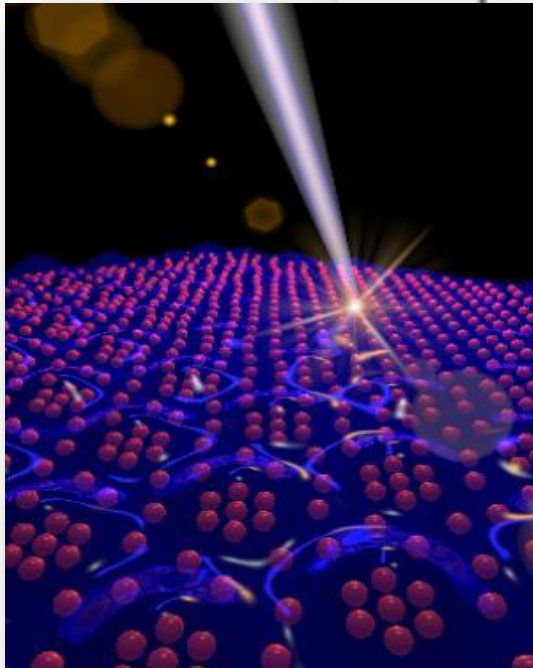


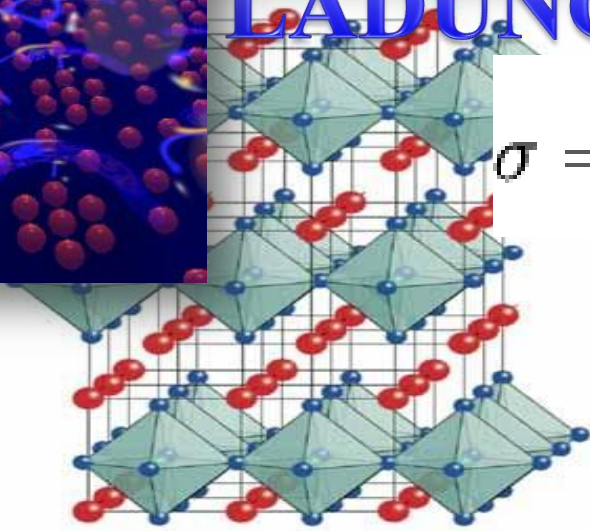
HERZLICH WILLKOMMEN ZU MEINER PRÄSENTATION



ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT IN FESTKÖRPER

LADUNGSDICHTEWELLEN

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$$



INHALTÜBERSICHT

INHALTÜBERSICHT

1. **Definition und Motivation**
2. **Geschichte**
3. **Leitungsmechanismus**
4. **Zusammenfassung**

1-Definition und Motivation

• Definition

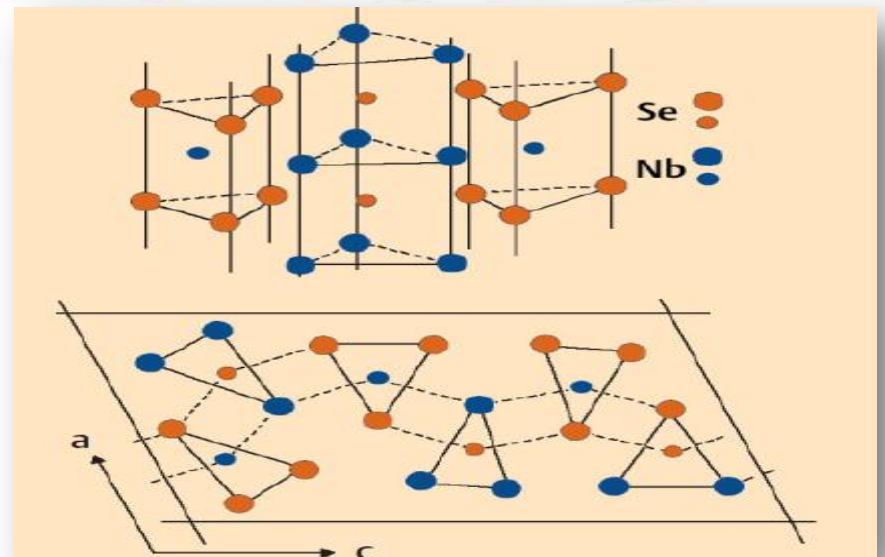
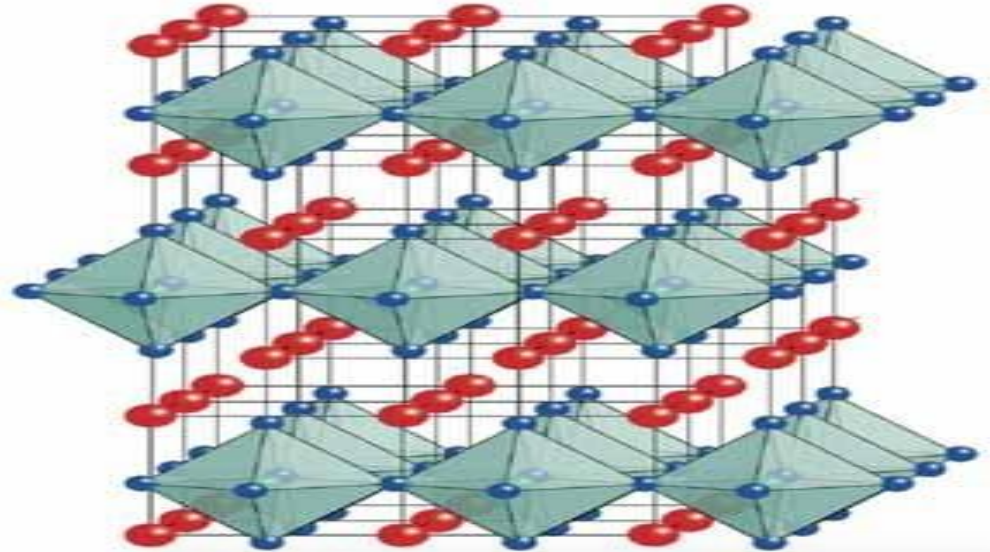
Ladungsdichtewelle

Bewegung „En Bloch“ der Elektronen durch das Gitter

Ein Zustand nah der Supraleitung

Niedrige Dimensionalität ,

Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Elektronen und Gitter



1-Definition und Motivation

**Wie entsteht der Strom in Anwesenheit von
Ladungsdichtewelle?**



1-Definition und Motivation

Motivation

Meine Betrachtung ist einer kurz Übersicht über eine neue Art von Leitfähigkeit ,die nichts mit dem konventionellen Stromtransport zu tun hat .



2-Geschichte

2 Physiker Uni Berkeley

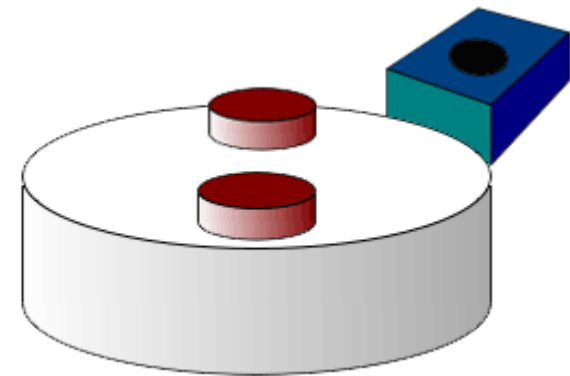
P.Monceau und N.-P. ONG

**1D Metall Niobtriselenid . NbSe₃.
Neue metallische Verbindung**

Hall-Messung

**Detaillierte Informationen über den
elektrischen Stromfluss in einem Metall**

**Neue form der Elektrische
Leitfähigkeit in Festkörper**



2-Geschichte

**Existenz von Ladungsdichtewellen.
Herbert Fröhlich Aus Liverpool und Rudolf
Peierls aus Oxford**



**Herbert Fröhlich – Fröhlich Modell der
Supraleitung**

L.-1D Kette Gitter-Metallatomen erklärt

2-Geschichte

Bardeen -60 Jahre

Das BCS-Theorie ist eine Vielteilchentheorie zur Erklärung der Supraleitung in Metall

Hypothese der Supraleitende Zustand

Darstelle einer periodische Gitterverzerrung zur Ausbildung von Bandlücken

Bildung Elektronenpaare



3-Leitungsmechanismus

Die Peierls Instabilität

1D- Metall

welchen ein Elektron pro Gitterplatz

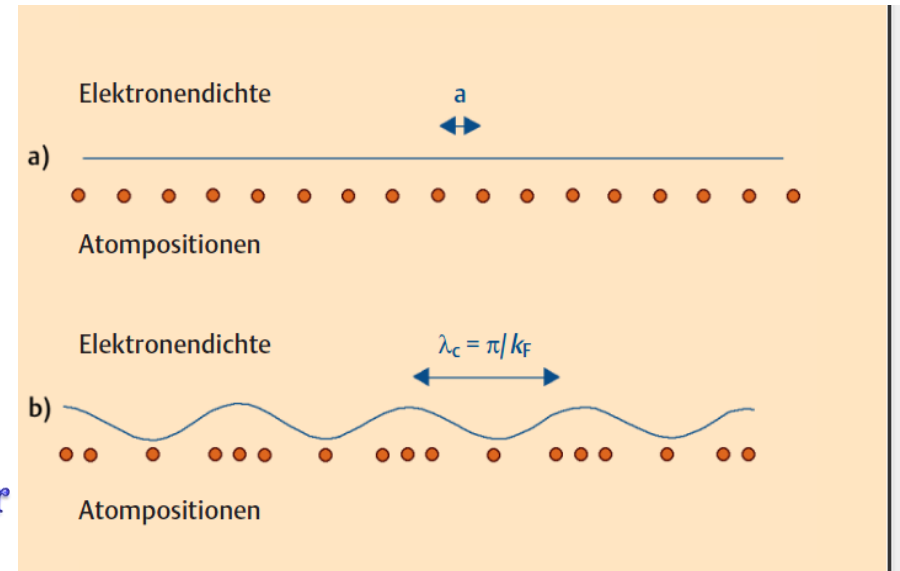
Das Leitungsband ist halbgefüllt

Die Elektronendichte ist homogen

Eine Verdopplung der Periode führt zu einer Modulation der Elektronendichte

Zu der Ladungsdichtewelle ,und zu eine Überstruktur

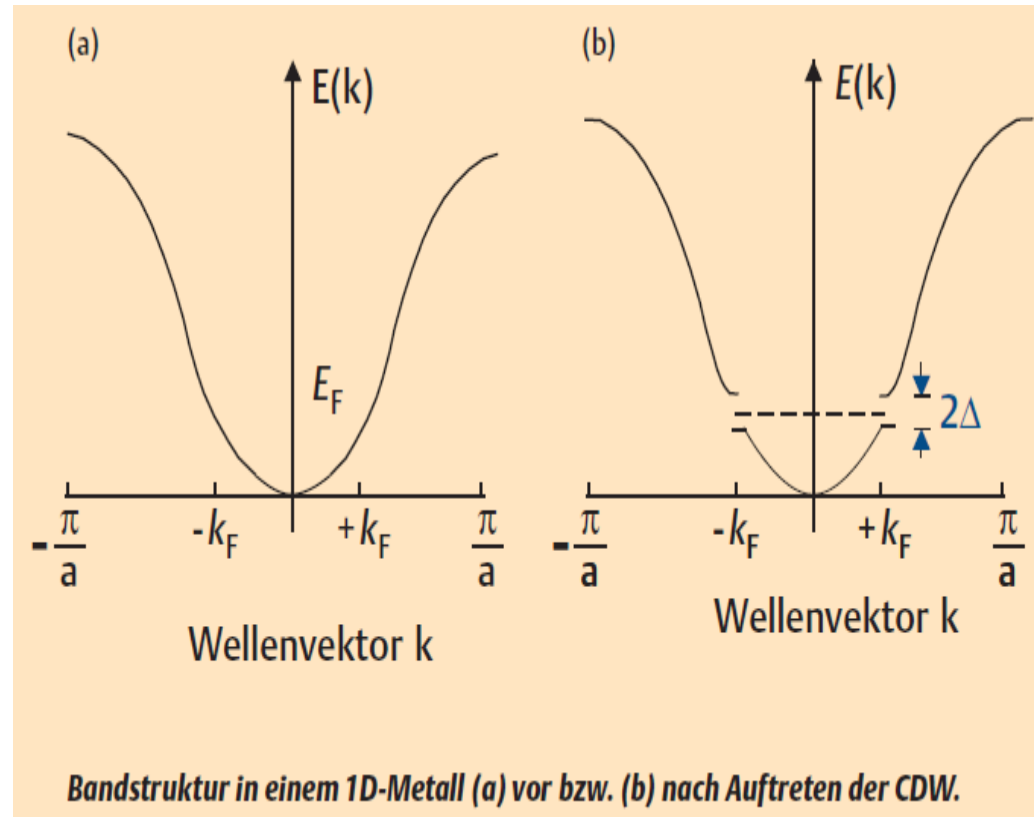
Die Verdopplung der Einheitszelle halbiert die Brillouin-Zone und führt zu einer Energielücke 2Δ an der Fermi-Energie



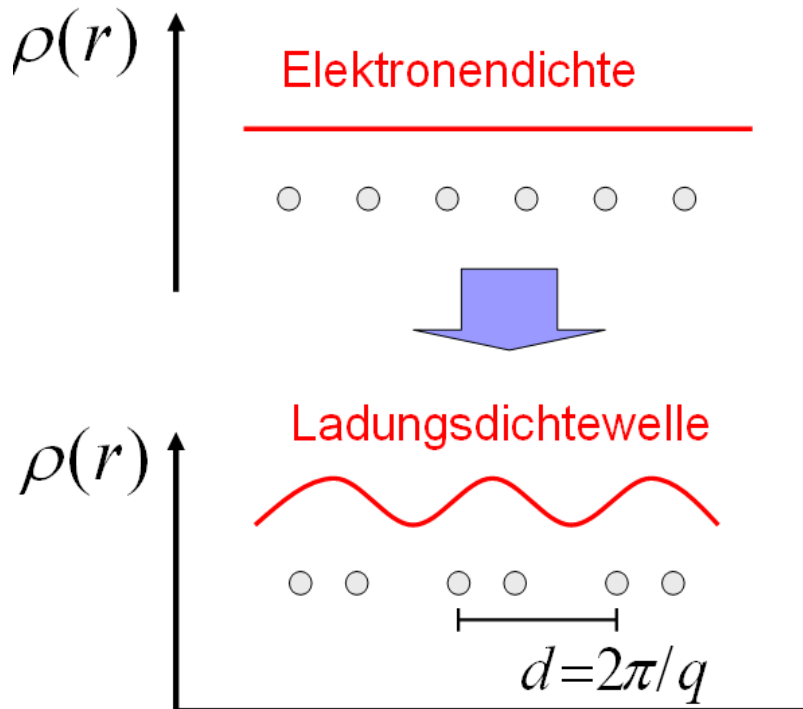
3-Leitungsmechanismus

die Verdopplung der Einheitszelle halbiert die Brillouin-Zone und führt zu einer Energielücke 2Δ an der Fermi-Energie

Der elektrische Ladungstransport wird durch das öffnen der Energielücke 2Δ an der Fermi-Kante bestimmt



3-Leitungsmechanismus



Neue Periodizität: d
kommensurable CDW:

$$d = n a$$

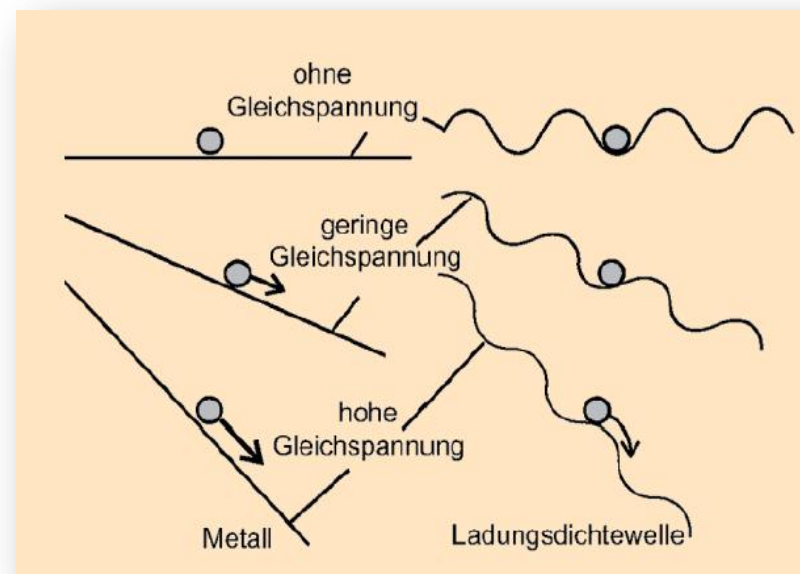
inkommensurable CDW:

$$d \neq n a$$

die Periodizität $\lambda = 2\pi/k_F$

3-Leitungsmechanismus

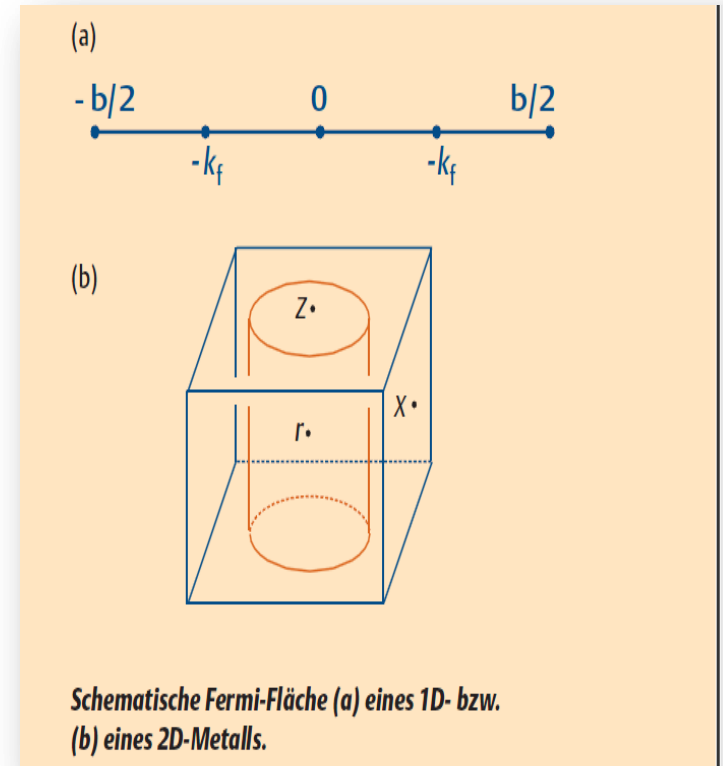
*Modell eines klassischen **Teilchens** auf einem Waschbrett zur Illustration von Stromfluß in einem normalen Metall und in einer CDW-Verbindung mit bzw. ohne äußeres elektrisches Feld*



3-Leitungsmechanismus

Die Fermi-Fläche beschreibt und begrenzt die Energie bzw. die **Geschwindigkeiten** von Elektronen in einem Metall.

Eine Gitterverzerrung betrachten



3-Leitungsmechanismus

$$V = V_k \exp(ikr) + V_{-k} \exp(-ikr)$$

**Das Potential einer geometrischen
Gitterverzerrung lässt sich als Bloch welle beschreiben**

3-Leitungsmechanismus

Beim Auftreten der Gitterverzerrung
Elektronen miteinander wechselwirken

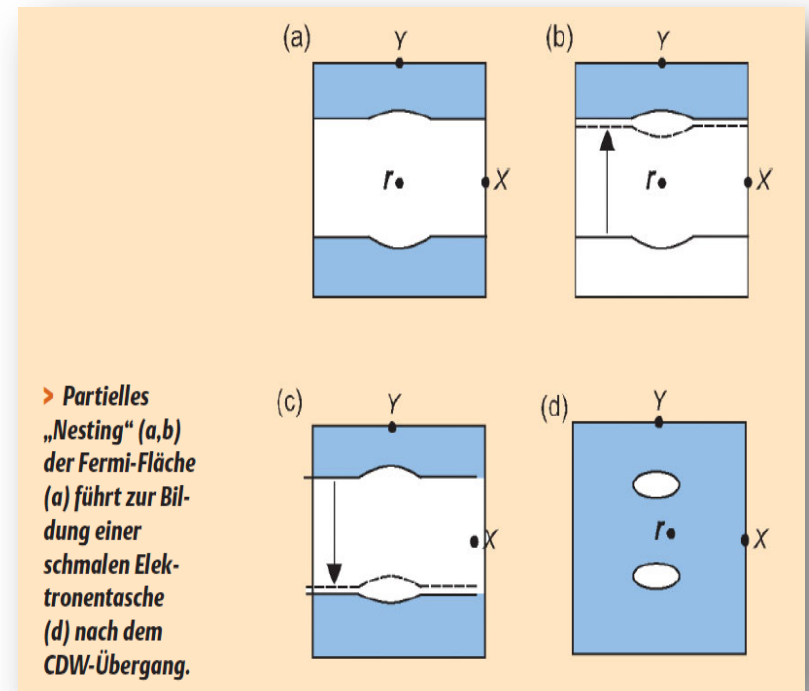
Die Wechselwirkungsenergie

$$\Delta E = |\langle \psi_{\mathbf{k}'} * \psi_{\mathbf{k}} \rangle|^2 / (E(\mathbf{k}) - E(\mathbf{k}')) = \left| \int \text{Exp} [i(\mathbf{k} - \mathbf{k}') \cdot \mathbf{r}] V d\tau \right|^2 / (E(\mathbf{k}) - E(\mathbf{k}'))$$

$\mathbf{k} - \mathbf{k}' \neq 0$;

Für $\Delta E = 0$ ist die Wechselwirkungsenergie
am größten.

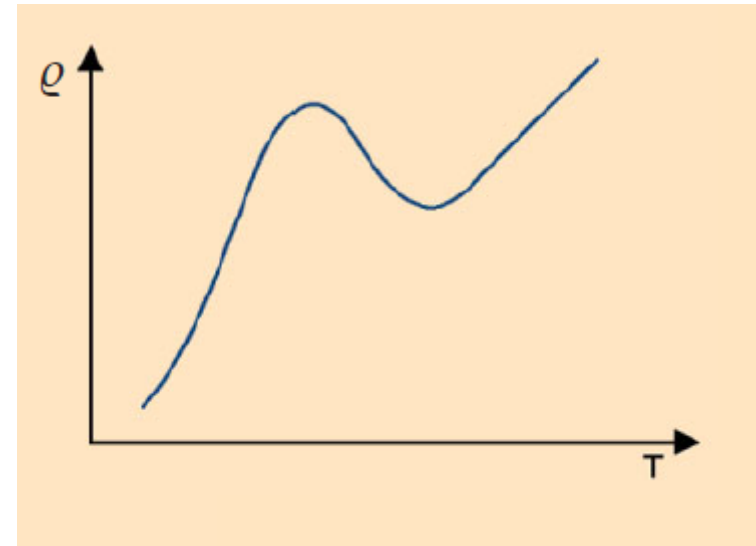
Fermi-surface nesting .



3-Leitungsmechanismus

Das Ergebnis ist die **Bildung einer Bandlücke** zwischen besetzten und unbesetzten Zuständen, d. h. die Veränderung oder das Verschwinden der elektronischen Leitfähigkeit

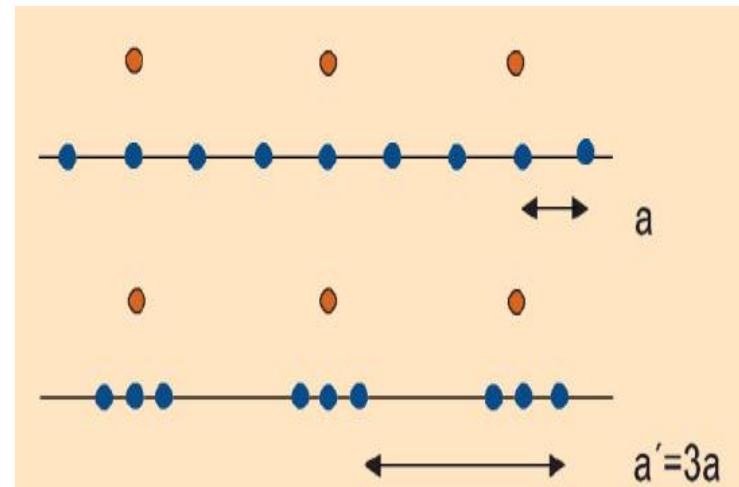
Die Temperaturabhängigkeit des Widerstands



unterhalb des CDW-Übergangs ist die $\rho(T)$ -Kurve steiler, d. h. die Substanz ist weniger metallisch als oberhalb des Übergangs.

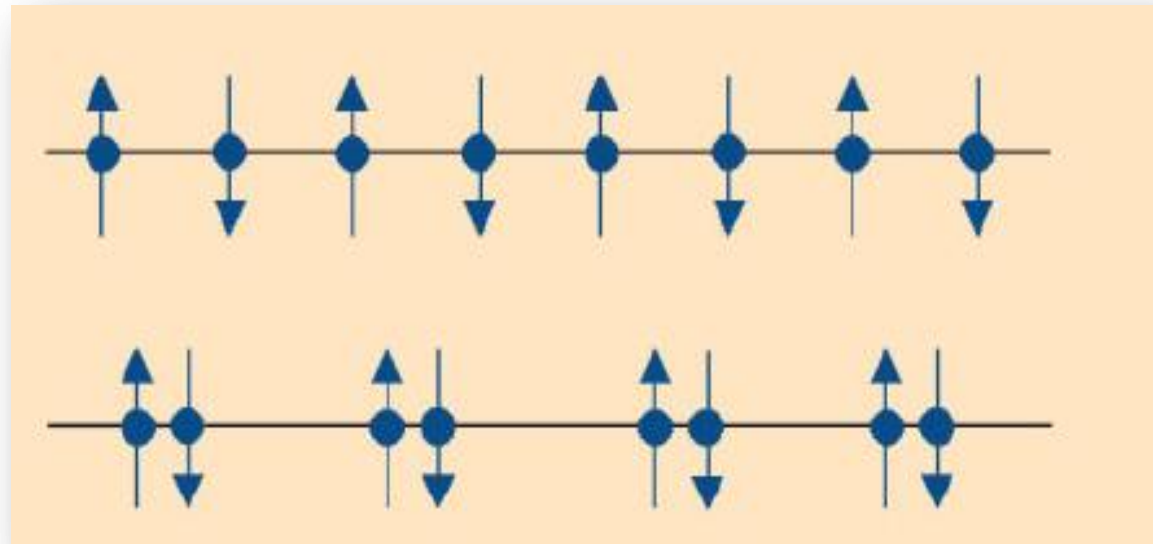
3-Leitungsmechanismus

Spin-Peierls-Übergang in einer $4kF$ CDW. Die $4kF$ CDW führt zur Bildung einer Ketteäquidistanter Elektronen (Heisenberg-Spin-Kette), die magnetisch ordnen können. Die magnetische Energie der Elektronen kann durch Paarbildung erniedrigt werden.



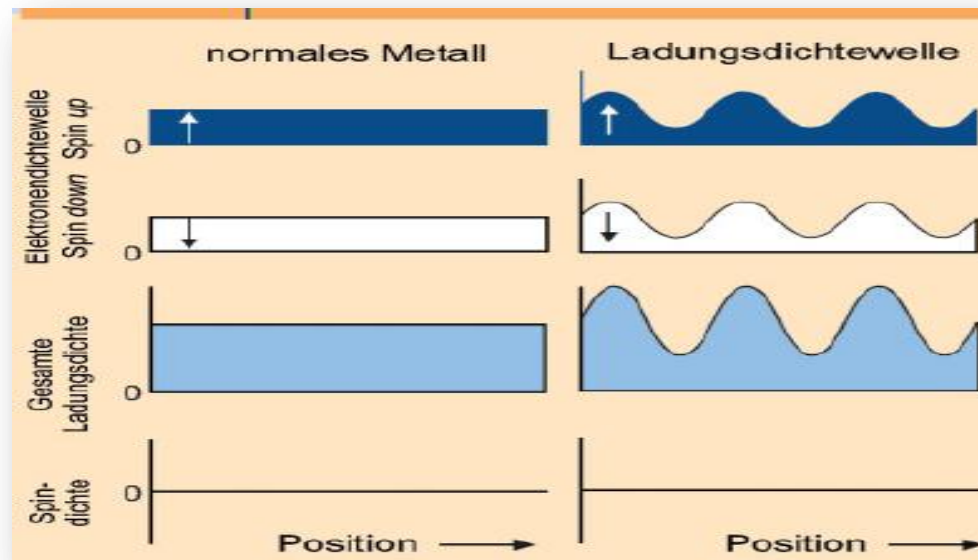
3-Leitungsmechanismus

Paarbildung mit magnetische Ordnung



3-Leitungsmechanismus

*Ladungsdichte von Elektronen für ein normales Metall (links) sowie ein CDW-(rechts) . Die zugehörigen **Elektronendichten für Spin-up und Spin-down** ergeben bei Addition der Ladungsdichte.*

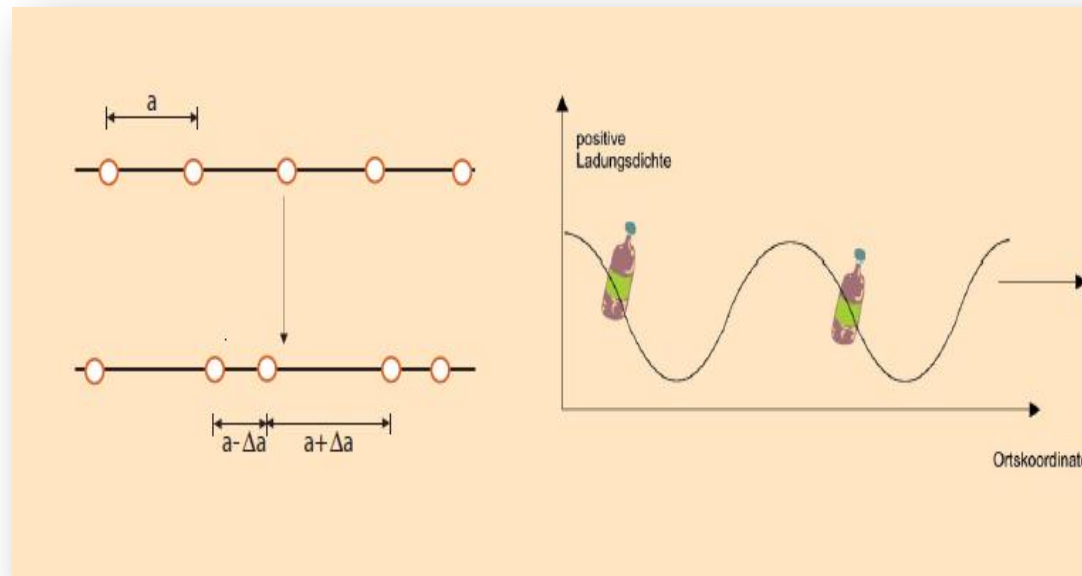


3-Leitungsmechanismus

bei Anlegen

eines äußeren Feldes kann eine **Ladungsdichtewelle** „en block“ durch das Gitter gleiten. Die Atome des Gitters oszillieren dabei um ihre Gleichgewichtspositionen zu finden und erzeugen ein wanderndes (oszillierendes) **Potential**; die Leitungselektronen folgen diesem Potential, da sie immer Orte hoher positiver Ladungsdichte suchen, und erzeugen damit **einen Stromfluss**

Auslenkung von Atomen einer 1D Kette



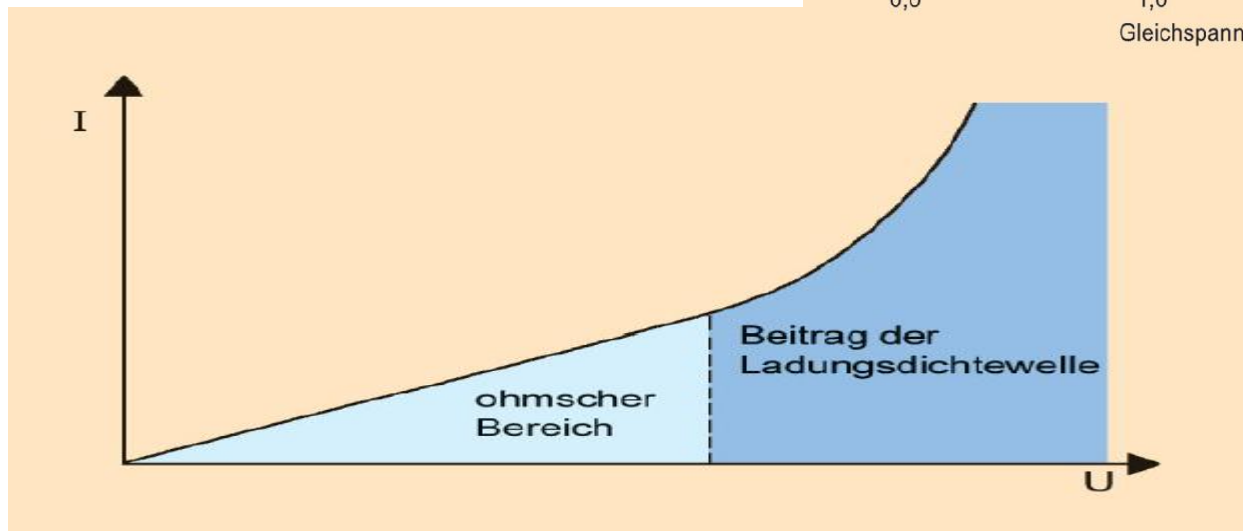
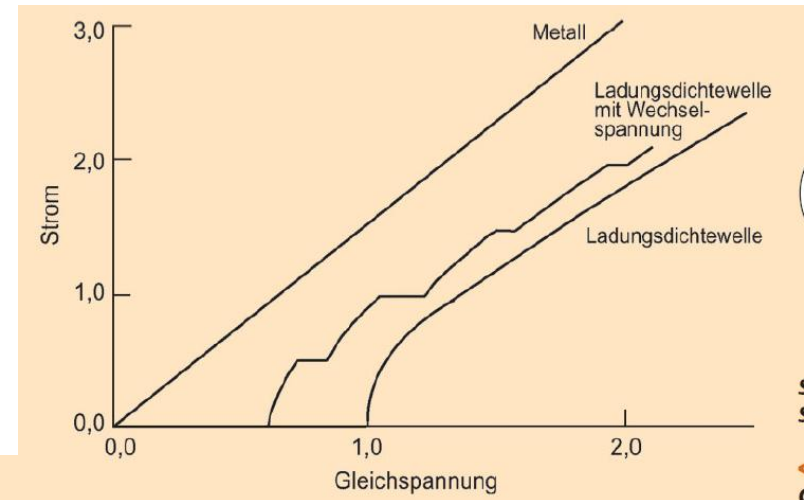
Elektronentransport durch Ladungswelle

3-Leitungsmechanismus

Der Strom bzw. die Leitfähigkeit

$$\sigma = n \mu e \quad (\text{bzw. } \sigma = n e^2 \tau / m)$$

Das Ohmsche Gesetz



4-Zusammenfassung

Ladungsdichtewellen sind ein konkurrierender Effekt zur Supraleitung und sie treten daher bevorzugt bei potentiellen Supraleitern auf

Eine Grundvoraussetzung für das Auftreten von Ladungsdichtewellen ist eine niederdimensionale Struktur – nur dann kann die „Nesting-Bedingung“ erfüllt sein

Der elektrische Ladungstransport wird durch das Öffnen der Energielücke 2Δ an der Fermi-Kante bestimmt, d.h. einem halbleitenden Zustand mit thermisch aktivierter Leitfähigkeit.

Vielen dank für ihre Aufmerksamkeit !!!

Literatur:

- *Publikation von Wolfgang Tremel und E. Wolfgang. Finckh
Chem. Unserer zeit , 2004, 38 , 326-339 .*
- *Vortrag von Carola Straßer „Julius-Maximilians-Universität Würzburg“*
- *http://www.pil.uni-stuttgart.de/glossar/Peierls_d.php*
- *<http://www.Wikipedia.com>*