

Bestimmung der Topologie der Fermi-Fläche:

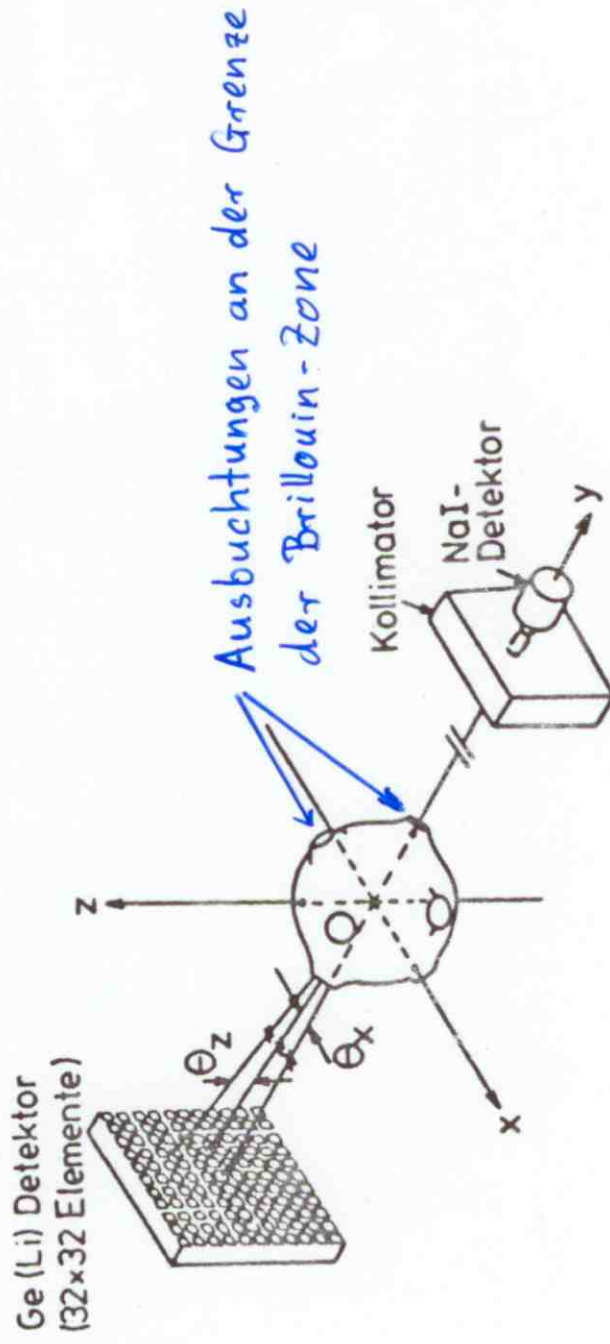


Abb. 9.9: Schematische Anordnung zur Vermessung der Fermi-Fläche mit einer Multidetektoranordnung. Nach (DOY 73)

Tabelle 9.1: Dichte der Leitungselektronen, Fermi-Energie E_F , Fermi-Temperatur T_F und Fermi-Vektor $|k_F|$ für einige Metalle (FRE 81)

Element	n ($10^{22}/\text{cm}^3$)	E_F (eV)	T_F (10^4 K)	k_F (10^8 cm^{-1})
Li	4,70	4,74	5,51	1,12
Na	2,65	3,24	3,77	0,92
Cu	8,47	7,00	8,16	1,36
Ag	5,86	5,49	6,38	1,20
Au	5,90	5,53	6,42	1,21
Mg	8,61	7,08	8,23	1,36
Ca	4,61	4,69	5,44	1,11
Nb	5,56	5,32	6,18	1,18
Fe	17,0	11,1	13,0	1,71
Cd	9,27	7,47	8,68	1,40
Hg	8,65	7,13	8,29	1,37
Al	18,1	11,7	13,6	1,75
In	11,5	8,63	10,0	1,51
Ti	10,5	8,15	9,46	1,46
Sn	14,8	10,2	11,8	1,64
Pb	13,2	9,47	11,0	1,58

Lebensdauer des Positrons und Gitterdefekte in Metallen

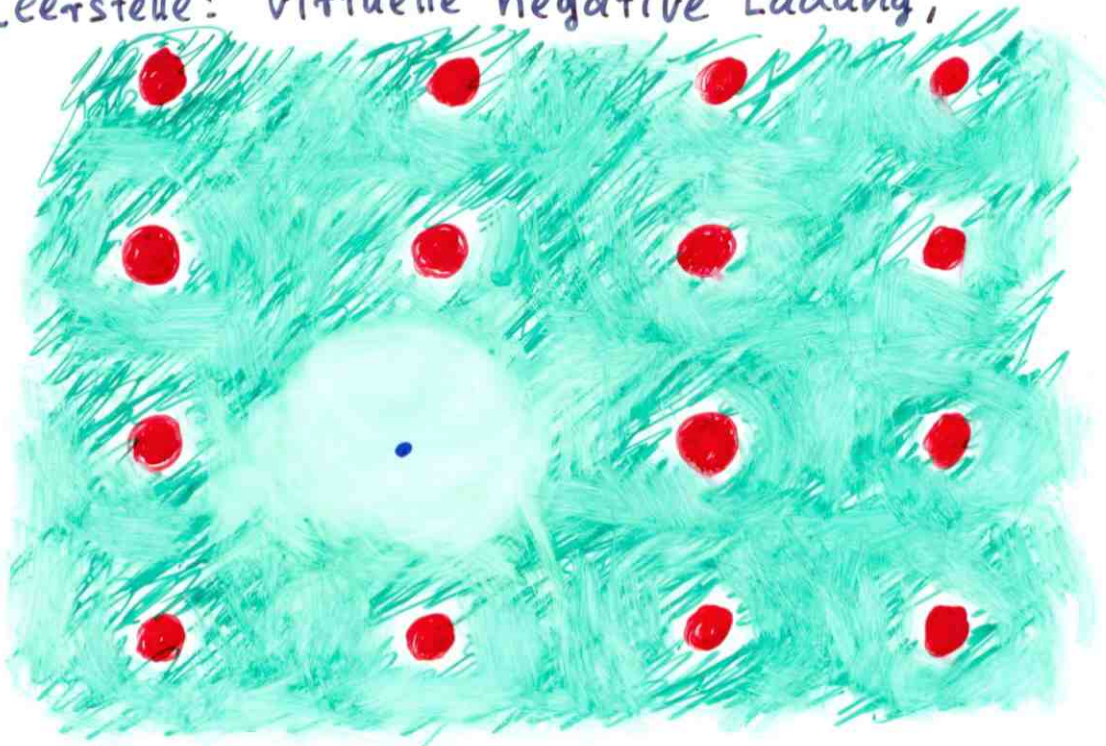
Zerfallsrate:

$$\lambda \sim |\psi(0)|^2$$

↑
Elektronendichte
am Positronenort

Metall: keine Positroniumbildung

Leerstelle: virtuelle negative Ladung,



aber relativ kleine Elektronendichte. \Rightarrow Das Positron wird an Leerstellen eingefangen und hat dort eine längere Lebensdauer.

Trapping - detrapping - model

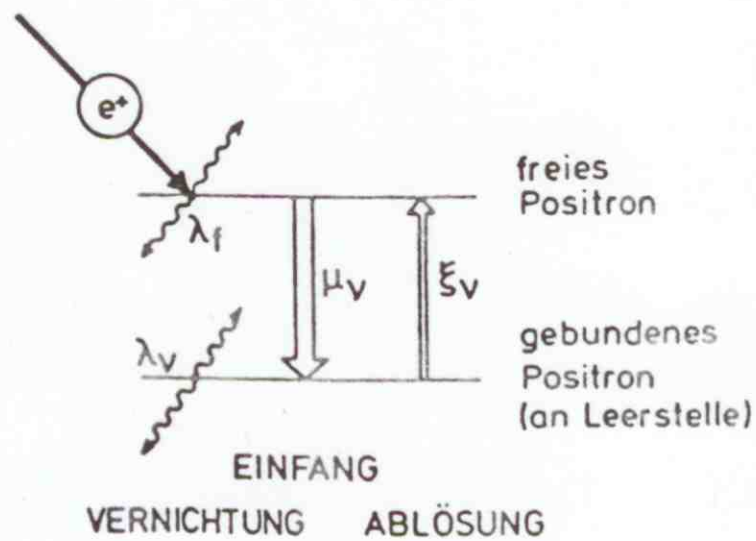


Abb. 9.10:

Haftstellenmodell für thermalisierte Positronen in einem Metall. Die Bezeichnungen sind im Text erklärt

Leerstellenkonzentration:

$$c_v = c_0 e^{-\frac{E_v^F}{k_B T}} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{Bildungsenergie} \\ \text{(Formationsenergie,} \\ \text{formation energy)} \end{array}$$

Typische Werte: $E_v^F = 1 \text{ eV}$

$$c_v \approx 10^{-5} \text{ bei } T = 1000 \text{ K}$$

Haftstellenmodell:

n_f : Anzahl der freien Positronen

n_v : Anzahl der an Leerstellen gebundenen Positronen

λ_f : } Annihilationsraten
 λ_v : }

μ_v : Einfangsrate (trapping rate)

ξ_v : Ablösungsrate (detrapping rate) $\mu_v \gg \xi_v$

Ratengleichungen:

$$\frac{dn_f}{dt} = -\lambda_f n_f - \mu_v c_v n_f + \xi_v n_v + N_e$$

$$\frac{dn_v}{dt} = -\lambda_v n_v + \mu_v c_v n_f - \xi_v n_v$$

↑
Positroneneinstrahlungsrates

Im thermischen Gleichgewicht:

$$\frac{dn_f}{dt} = 0 \quad ; \quad \frac{dn_v}{dt} = 0$$



$$-\lambda_f n_f - \mu_v c_v n_f + \xi_v n_v + N_e = 0$$

$$-\lambda_v n_v + \mu_v c_v n_f - \xi_v n_v = 0$$



$$N_e = \lambda_f n_f + \lambda_v n_v \quad (\text{trivial})$$

$$n_f \mu_v c_v = n_v (\lambda_v + \xi_v)$$

$$I_f = \frac{n_f}{n_f + n_v} \quad ; \quad I_v = \frac{n_v}{n_f + n_v} \Rightarrow I_f + I_v = 1$$

$$I_f \mu_v c_v = I_v (\lambda_v + \xi_v)$$

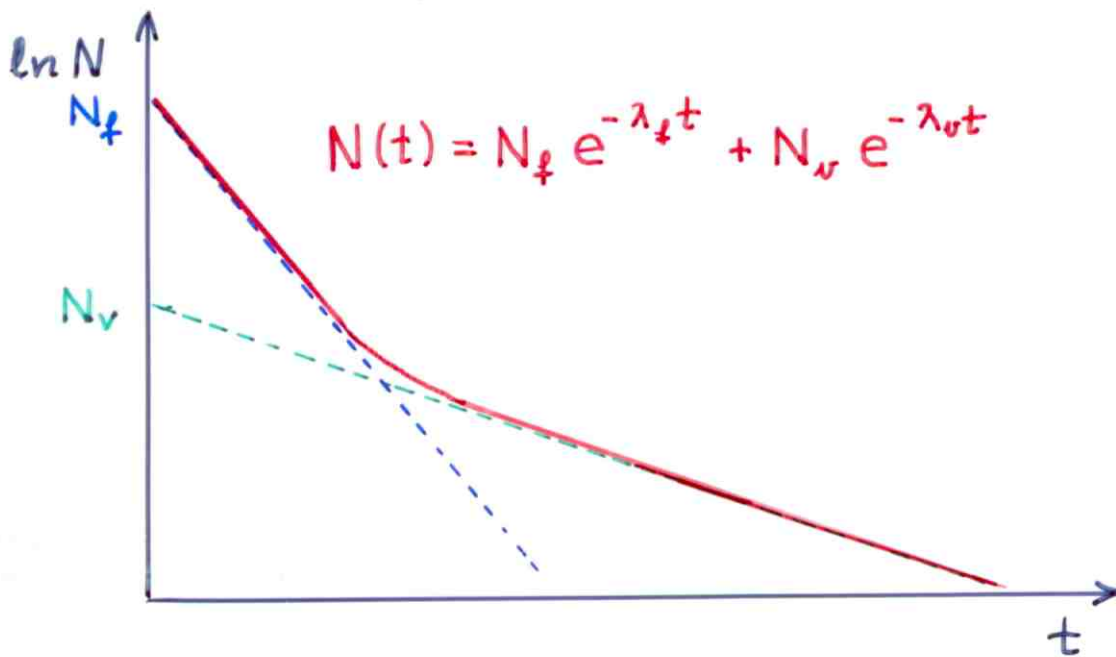
$$I_f \mu_v c_v \stackrel{\downarrow}{=} (1 - I_f) (\lambda_v + \xi_v) = \lambda_v + \xi_v - I_f (\lambda_v + \xi_v)$$



$$I_f = \frac{\lambda_v + \xi_v}{\lambda_v + \xi_v + \mu_v c_v}$$

$$I_v = \frac{\mu_v c_v}{\lambda_v + \xi_v + \mu_v c_v}$$

Idealisiertes Lebensdauerspektrum:



$$I_f = \int_0^{\infty} N_f e^{-\lambda_f t} dt = \frac{N_f}{\lambda_f}$$

$$I_v = \frac{N_v}{\lambda_v}$$

$$N(t) = \lambda_f I_f e^{-\lambda_f t} + \lambda_v I_v e^{-\lambda_v t}$$

Allgemein (n verschiedene Beiträge):

$$N(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i I_i e^{-\lambda_i t}$$

$$\lambda_i = \frac{1}{\tau_i}$$

Fitparameter: $\tau_1(T), \tau_2(T), \dots, \tau_n(T),$
 $I_1(T), I_2(T), \dots, I_{n-1}(T)$

$$\sum_{i=1}^n I_i = 1$$

Kontinuierliche Verteilung der Zerfallsrate: $I(\lambda)$

$$N(t) = \int_0^{\infty} \underbrace{\lambda I(\lambda)}_{P(\lambda)} e^{-\lambda t} dt$$

Laplace-Transformation

Die numerische inverse Transformation ist wegen des statistischen Fehlers praktisch unmöglich (die $e^{-\lambda t}$ Funktionen sind nicht orthogonal).

Fit mit einem Komponent:

$$N(t) = \bar{\lambda} e^{-\bar{\lambda} t} \quad \bar{\lambda} = \frac{1}{\bar{\tau}}$$

Vergleich für $t=0$:

$$\bar{\lambda} = \sum_{i=1}^n I_i \lambda_i$$
$$\frac{1}{\bar{\tau}} = \sum_{i=1}^n I_i \frac{1}{\tau_i}$$

$$\frac{1}{\bar{\tau}} = I_f \frac{1}{\tau_f} + I_v \frac{1}{\tau_v} = I_f \lambda_f + I_v \lambda_v$$

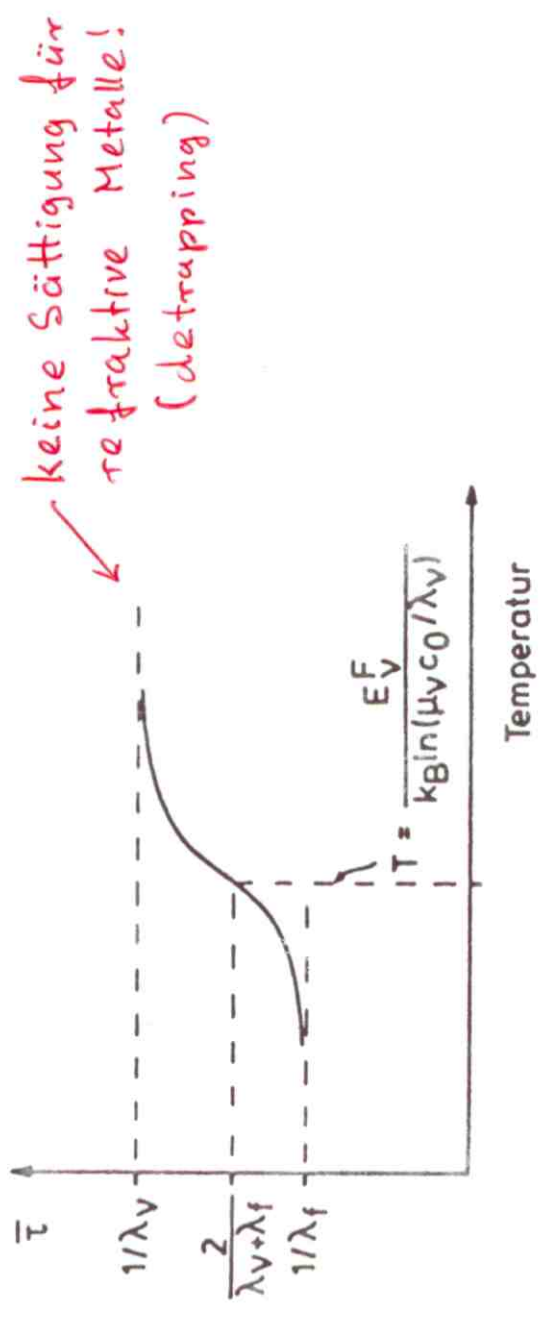


Abbildung 9.11: Graphische Darstellung der Funktion für die mittlere Anihilationslebensdauer $\bar{\tau}$ nach Gleichung (9.9)

