

**Grundfrage hier: wie können Tetronen Fermionen sein, wenn die QM nicht gilt? Nur wenn man das erklären kann, kann man WW-Terme für Fermionen hinschreiben.**

eine Lösung habe ich mit **Hexonen** in dem kleinen blauen Heft kurz nach Mitte des Heftes; aber etwas weit hergeholt

## **fund Tetron-WW**

### **Ansatz einer laplace-artigen Wechselwirkung mit Potential $F_i$ :**

Laplace in n dims:  $r^{-(n+1)} \frac{d}{dr} [r^{-(n-1)} \frac{dF_i}{dr}]$  ist der radiale Term. Also  $F_i \sim r^{-(n+2)}$  macht diesen Term zu 0. In 6dims geht also  $F_i$  mit  $r^{-4}$   
Gradient in n dims:  $\text{vec}(r_0) \frac{dF_i}{dr}$  ist der radiale Teil

**Aus dem Radialteil des Laplaceoperators folgt, dass  $F_i$  wie  $1/r^4$  geht, also  $F_i = -k/r^4$ . Gemäß  $\text{Kraft} = -\text{grad}(F_i) = dF_i/dr + \text{nicht radiale Anteile}$  folgt  **$\text{Kraft} = -4k/r^5$** . Das Vorzeichen ist so gewählt, dass es einer Anziehung entspricht.**

Ferner  **$E_{\text{pot}} = F_i$** , dh alle weiteren Ladungen und sonstiges Gedöns in  $F_i$  bzw  $k$  absorbiert

**Bohr hat beim H-Atom bzw Positronium wie folgt argumentiert:**

**$E_{\text{total}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$ , wobei man  $E_{\text{kin}}$  aus der Gleichgewichtsbedingung gewinnt: Zentripetalkraft muss Laplacekraft gerade aufheben, um zu einer stabilen Umlaufbahn zu kommen. Aus  $m \cdot v^2/r = 4k/r^5$  folgt durch Umformung  $E_{\text{kin}} = m \cdot v^2/2 = 2k/r^4$ .**

**Problem: damit ist  $E_{\text{total}} = 2k/r^4 - k/r^4 = k/r^4$  positiv und damit abstoßend**

**Lösung: die Zentripetalkraft kann sich in  $R^6$  auf 3 fundamentale Drehungen verteilen, da jede 6d-Drehmatrix zu  $\theta_{1,2,3}$  ähnlich ist. Daher ist eine der 3 Zentripetalkräfte nur gleich  $m \cdot v^2/r = 4k/3r^5$ , also  $E_{\text{total}} = 2k/3r^4 - k/r^4 = -k/3r^4$ , also anziehend.**

**Ist dies Argument wirklich richtig? dh gibt es Bindungszustände bei  $1/r^4$ ?**

Hinweis: In der Datei sehrgut caruso wasserstoff hydrogen schrödinger in higher dimensions 1205.3740v3 ist beschrieben, dass es zwar keine Bindungszustände mit negativer, aber durchaus mit positiver Energie gibt!!!! Im Lichte meines Argumentes heißt das, dass  $E_{\text{total}} = k/r^4$  positiv bleibt, aber durch die Verteilung auf 3 Drehungen eine Bindung möglich wird?!

Bemerkung: Bohrs Quantisierung gibt Drehimpuls  $m \cdot v \cdot r = n \cdot h$  quer für eine Quantenmechanik der Tetronen, aber darin sind in meinem Fall zu viele Unbekannte.

Wenn man annimmt, dass  $k/r^4$  ungefähr der Planckenergie entspricht und  $r$  der Plancklänge, kann man die Kopplungsstärke  $k$  abschätzen

**$k = L P^4 \cdot E_P = 10^{(-130)} \text{ m}^6 \text{ kg/s}^2$**

zum Vergleich für Elektronen ist die Coulombkraft  $k_c \cdot e^2/r^2$  mit  $k_c \cdot e^2 = 10^{28} \text{ m}^3 \text{ kg/s}^2$

Problem des Verfahrens: man nimmt an, dass die für Tetronen relevante Energie die Planckmasse ist. Jedoch ist die Planckmasse eigentlich die **Bindung zwischen den Tetraedern, nicht innerhalb der Paare oder innerhalb des Tetraeders.**

### die $1/r^4$ Laplace-WW geht als Kern in das Austauschintegral ein:

Die potentielle Energie ist ja gleich **E+J für Singlet und Triplet  $1a^2b^2 - 1b^2a^2$** . Wir haben Singlet. **J ist das Austauschintegral  $1a^2b^2k/r^4 - 1b^2a^2$** . **Gleichzeitig ist J der Parameter im Heisenbergmodell** - bei uns von Interesse, wo es um die WW 2er Paare (Fall ii) geht. Aber man muss das Ganze aus  $2 \times 2 = 4$  Tetronen verallgemeinern

Wenn man weiterhin **das vereinfachte Problem betrachtet, wo an jedem Raumpunkt statt eines Tetraeders mit 4 Paaren nur 1 Paar sitzt**, kann man die magnetische dh Austauschenergie berechnen:

a) innerhalb eines Paares (wie beim He-Atom?) - ist nicht so interessant, da das Paar sowieso feststeht als Spin-0-Isospin-1 Objekt

b) **2er benachbarter Paare** (wie beim H<sub>2</sub>-Molekül?) - hier sind es zwei Spin-0-Isospin-1 Objekte, die wechselwirken. Deuteron ist spin-1-isospin-0 und kann als  $(ud-du)^{++}$  beschrieben werden, bzw mit Antiteilchen **UDbar**. Analog ist demnach ein TTbar-Paar als

$$1(U)^2(Dbar)^2 [1(+)^2(-) - 1(-)^2(+)]$$

Bei 2 solcher Zustände

$$1(U)^2(Dbar)^2 [1(+)^2(-) - 1(-)^2(+)] \quad * \quad 3(U)^4(Dbar)^4 [3(+)^4(-) - 3(-)^4(+)]$$

hat man entsprechend kompliziertere Integrale.

**Hinweis: diese sind außerdem 6d, aber wegen der Trennung von Spin und Isospin zerfallen sie in zwei 3d Integrale!?**

Beim Vergleich von EngeWehrRichards Seiten 253 und 316 sieht man, dass dort in beiden Fällen He und H<sub>2</sub> in den Integralen nur  $\psi^{*4}$  von

1-Teilchenwellenfunktionen auftreten. Auch bei H<sub>2</sub> ist das so, **weil den Kernen keine Wellenfunktion zugeordnet wird, sondern nur den Elektronen!** Die Kerne beeinflussen nur das Potential V, das im Austauschintegral zu nehmen ist. Bei unserem 4-Tetron-Problem mit 2 Paaren scheint es zunächst anders zu sein, aber das stimmt nicht, weil es ja nur **WW zwischen je 2 Tetronen gibt!!!! Also hat man auch weiterhin nur integrale  $\psi^* \psi^* V \psi \psi$ , wobei die Hälfte der  $\psi$  auch  $\psi$ bar sein können.**

$$U(y_1) \cdot Ubar(y_2) \cdot [P(x_1) \cdot Mbar(x_2) - M(x_1) \cdot Pbar(x_2)]^* \quad \dots \text{wie Parapositronium}$$
$$U(y_3) \cdot Ubar(y_4) \cdot [P(x_3) \cdot Mbar(x_4) - M(x_3) \cdot Pbar(x_4)] \quad (\text{AA4})$$

P und M sind die normalen Spinwellenfunktionen im normalen x-Raum, y sind die Koordinaten im 3d-Isospinraum.

$$V=k*(A_{12} + A_{34} + A_{13} + C_{24} +C_{14} + C_{23})$$

A steht für attractive und C für compulsive, also  $A_{ij}$  bzw  $C_{ij}$  für  $\pm k/(r_i-r_j)^{**4}$

Achtung: man muss auch in  $1\leftrightarrow 3$  und  $2\leftrightarrow 4$  symmetrisieren. Zumindest im gleichzeitigen  $1\leftrightarrow 3$  und  $2\leftrightarrow 4$  ist die obige Funktion bereits symmetrisch.

Folgende Funktion tut es:

$$U(y_1)*Dbar(y_2)*U(y_3)*Dbar(y_4)*$$

$$\{ [P(x_1)*Mbar(x_2)-M(x_1)*Pbar(x_2)]*[P(x_3)*Mbar(x_4)-M(x_3)*Pbar(x_4)] + [P(x_3)*Mbar(x_2)-M(x_3)*Pbar(x_2)]*[P(x_1)*Mbar(x_4)-M(x_1)*Pbar(x_4)] \}$$

Solche Summen von Produkten von Einteilchenwellenfunktionen sind immer nur eine Näherung. Wahrscheinlich ist Slaterdeterminante mit vollständiger Antisymm-garantie besser.

Beispiel Beryllium aus sehgut...Dahl:

am Platz 1 sitzen 2 Teilchen mit entgegengesetztem Spin und ebenso an Platz 2.

$$F=slaterdet[f(1+)*f(1-)*f(2+)*f(2-)] =$$

$$\begin{vmatrix} f_1(x_1)*a_1(z_1) & f_1(x_2)*a_1(z_2) & f_1(x_3)*a_1(z_3) & f_1(x_1)*a_1(z_3) \\ f_2(x_1)*a_2(z_1) & f_2(x_2)*a_2(z_2) & f_2(x_3)*a_2(z_3) & f_2(x_1)*a_2(z_3) \\ f_3(x_1)*a_3(z_1) & f_3(x_2)*a_3(z_2) & f_3(x_3)*a_3(z_3) & f_3(x_1)*a_3(z_3) \\ f_4(x_1)*a_4(z_1) & f_4(x_2)*a_4(z_2) & f_4(x_3)*a_4(z_3) & f_4(x_1)*a_4(z_3) \end{vmatrix}$$

z ist die Spinkoordinate

NB: die Slaterdeterminante ist Summe von Einteilchenprodukten und keineswegs exakt, aber oft eine gute Approximation

NB: wenn die Zustände auch noch eigenfunktionen des Drehimpulses sein sollen, muss man Linkomps von Slaterdeterminanten nehmen

Bei uns ist  $f_1=f_3=U$  für Upisospin,  $f_2=f_4=Dbar$ ,  $a_1=P$  für Plusspin,  $a_2=Pbar$ ,  $a_3=M$ ,  $a_4=Mbar$

$$\begin{vmatrix} U(y_1)*P(x_1) & U(y_2)*P(x_2) & U(y_3)*P(x_3) & U(y_4)*P(x_4) \\ U(y_1)*M(x_1) & U(y_2)*M(x_2) & U(y_3)*M(x_3) & U(y_4)*M(x_4) \\ Dbar(y_1)*Pbar(x_1) & Dbar(y_2)*Pbar(x_2) & Dbar(y_3)*Pbar(x_3) & Dbar(y_4)*Pbar(x_4) \\ Dbar(y_1)*Mbar(x_1) & Dbar(y_2)*Mbar(x_2) & Dbar(y_3)*Mbar(x_3) & Dbar(y_4)*Mbar(x_4) \end{vmatrix}$$

Offenbar kann man  $U(y_1)*Dbar(y_2)*U(y_3)*Dbar(y_4)$  **NICHT** als Vorfaktor rausziehen!!!! wie der Ansatz (AA4) nahelegt, aber vielleicht muss man bzgl Teilchen-Antiteilchen gar nicht symmetrisieren.

$$\text{Potential dazwischen: } V=k*(1/r_{12} + 1/r_{34} + 1/r_{13} - 1/r_{24} -1/r_{14} - 1/r_{23})$$

oder einfach  $V=k/r^{**4}$ , weil ja nicht festgelegt ist, dass U bei 1, 2, 3 oder 4 sitzt.

Wenn man dann zb ein Produkt

$$U(y_1)*P(x_1)*U(y_2)*M(x_2)*Ubar(y_3)*Pbar(x_2)*Ubar(y_4)*Mbar(x_4)*k/r^{**4}$$

hat

Was kann man aus so einer Rechnung überhaupt gewinnen?

zum Beispiel bei Beryllium bekommt man laut Dahl

$$E(\text{Be})=J(1,1)+J(2,2) + 4J(1,2)-2K(1,2)$$

= Energie von Paar 1 + Paar 2 + WW Energie zwischen den beiden Paaren

Letztere besteht aus direktem Term J und Austauschterm K

**Erwartet wird, dass wenn man mit dem Term vergleicht, wo statt**

**UDbarUDbar ein DUBarDUBar ist, dass die Energiedifferenz als  $K(1,2)$  herauskommt.** In dem Fall ist  **$K(1,2)$  mit der LambdaFermi** zu identifizieren! Und da das Potential  $k/r^{**4}$  in das Integral geht, kann man daraus die Kopplung  $k$  bestimmen. Ich hatte  $k$  bereits an anderer Stelle aus den Planckgrößen abgeschätzt. Hier muss ein sehr komplexes **Finetuning** zwischen den aus Planckgrößen sich ergebendem  $k$  und den Wellenfunktionen im Integranden stattfinden, damit daraus ein 100GeV für LambdaFermi rauskommt.

Aber vielleicht ist das **Finetuningproblem auch nicht ganz so groß**, aus folgendem Grund:

wenn man  $r=Lpl$  ansetzt, also das nächste Paar am nächsten Gitterpunkt sitzt, ist  $k/r^4=Epl=10^{**}19GeV$ . Wenn das Austauschintegral

$\int(F^*F^*k/r^4^*F^*F)=100GeV$  gleich der Fermienergie sein soll, hat man eine **Aussage über den Abfall der Wellenfunktionen bis zum nächsten Gitterpunkt.**

**Also  $F(Lpl)=10^{**}(-4)$**  oder kleiner ist der Abfall. Da  $F=U(x)^*P(y)$ , kann man im  $x$  und  $y$  Raum jeweils einen Faktor  **$10^{**}(-2)$**  erwarten. Und wenn man es auf die einzelnen Koordinatenrichtungen bezieht, ist der Abfall noch mal wesentlich kleiner, **Faktor maximal ein Zehntel, dh  $U$  fällt von 1 auf 0.1 ab.**

**Die hohe Dimension 6 sorgt also für Entspannung beim Finetuning**

Letztlich entspricht all dem nur eine Aussage über die Stärke der Tetronbindung  $k$  bzw  $Epl$ . Diese Stärke bestimmt natürlich die Wellenfunktion. Aber woher kommt sie, dh woher kommt  $k$ ?

Die obige Diskussion gibt im Grunde eine Antwort auf die Frage, dass  $Eplanck \gg Efermi$  ( $10^{**}19$  vs  $10^{**}2GeV$ ) eigentlich gar kein Finetuningproblem ist. An anderer Stelle haben wir ja bereits argumentiert, dass  $e_m$  und  $e_{gravi}$  Kopplungsstärken ungefähr gleich sind.

**ABER:**

müsste dieses Argument für He oder H2 angewendet nicht dazu führen, dass die Austauschenergie  $\int(f^*f^*e^2/r^*f^*f)$  auch dort viel kleiner ist als die Coulombenergie  $e^2/r$ ?

Helium: Laut Fig 8-3 von Enge ist die Austauschenergie gleich dem Splitting zwischen 1S und 3S. Laut ...5074.png ist dieses 0.8eV.

Laut ...loes10.pdf ist  $e^2/r$  gleich 27eV, wobei der für angesetzte Wert  $r=0.53 \cdot 10^{**}(-10)m$  auch für das Heliumatom ok ist. Vielleicht eher 0.3 statt 0.53, aber zwischen  $e^2/r$  und  $\int(f^*f^*e^2/r^*f^*f)$  ist garantiert nicht mehr als ein Faktor 100, also  $f$  fällt von 1 auf 0.35 ab. Wenn wir das auf 3 Dims verteilen, fällt  **$f$  von 1 auf 0.7 ab** Dies könnte daran liegen, dass der Heliumkern die Elektronen so stark zusammenhält, die sich ja abstoßen, während die beiden  $T\bar{T}$  Paare ja eigentlich neutral sind. Die Coulombenergie bezieht sich ja nicht auf 2 Elektronen, sondern immer auf ein Elektron und ein Proton.

Von daher sind 2 H-Atome, die ein H<sub>2</sub>-Molekül bilden, vielleicht die bessere Wahl, obwohl sich auch dort die beiden Elektronen abstoßen. Ein H<sub>2</sub> Molekül hat ebenfalls etwa 10<sup>-10</sup>m Durchmesser, die Austauschenergie ist aber lt Enge Figur 11-2 mindestens 1eV, also gegenüber Helium sind die Zahlen nicht so viel anders.

Bohr	6dim
$m \cdot v \cdot r = n \cdot \hbar$ Quantisierung des Drehimpulses $r \times p$ ergibt sich aus stehender Wellenfunktion auf ihrem Kreis um das Proton: $\exp(ipx/\hbar) = e^{i(p(x+L)/\hbar)}$ Dh $\exp(ipL/\hbar) = 1$ , also $pL/\hbar = 2n\pi$ Wobei $L = 2\pi r$ der Umfang der ebahn Gibt eine Formel für $v = n \cdot \hbar / r \cdot m$	$m \cdot v \cdot r = n \cdot \hbar$ mit einem neuen $\hbar$ für Tetronen der beweis links gilt für jede Dim Drehimpuls bleibt $r \times p$ in 6dim Es gibt einen äußeren und einen inneren; vor der Kristallbildung sollte für beide $\hbar$ relevant sein
$m = \text{reducedmass} = m_{\text{electron}}$ $v = \text{Geschwindigkeit auf Kreisbahn}$ $r = \text{Abstand von Elektron und Proton}$	$m = \text{reducedmass} = m_{\text{Tetron}}/2$
Zentripetalkraft=Coulombkraft  Gibt Formel für $E_{\text{kin}} = m \cdot v^2/2$	$m \cdot v^2/r = 4 \cdot k/r^5 \rightarrow E_{\text{kin}} = 2 \cdot k/r^4$ wegen $E_{\text{pot}} = -k/r^4 = \text{Coulombenergie}$ da $1/r^4$ Lösung der Laplacegleichung $E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = k/r^4$ ist im Gegensatz zu H-Atom positiv und daher nicht bindend
Centripetalforce genauso in n dimensions herleitbar: Beispiel einer stetigen Kreisbewegung: $\text{vecr} = r \cdot (\cos \omega t, \sin \omega t)$ $\text{vecv} = r \cdot (-\omega \sin \omega t, \omega \cos \omega t)$ $\text{veca} = -r \cdot \omega^2 \cdot (\cos \omega t, \sin \omega t) = -\omega^2 \text{vecr}$ also $F = m \cdot a = -m \cdot \omega^2 \cdot r$ mit	
Aus $r = L_{\text{planck}}$ und $E_{\text{total}} = M_{\text{planck}}$ bekommt man 2 Bedingungen für $\hbar$ und $k$ , um $\hbar$ und $k$ aus $G$ , $c$ und $\hbar$ zu bestimmen	
	<b>Versuch mal mit Quadrat des Laplace</b> $(d^2/dr^2 + (n-1)d/dr) \cdot f(r) =$ $K(k+2)(k-n+4)(k-n+2) \cdot r^{-(k-4)}$ mit Ansatz $f = r^{-k}$ Dh entweder $k=n-4$ oder $k=n-2$ , dh bei uns $1/r^2$ als Lösung

Das folgende erklärt die **Paarbildung** auf einer Site: **Coulombgesetz oder  $1/r^{(n-2)}$  in n dimensions** zwischen 2 Tetronen wie beim Wasserstoffatom bzw Positronium. Hier kann man direkt den Grundzustand angeben und berechnen. Spin0-Isospin1

**Problem1: wieso ist Schrödinger-QM anwendbar? neues  $\hbar$ ?**

**Problem2: ist nicht Tetron-Antitetron instabil?**

Das folgende erklärt die **Tetraederbildung**: es gibt eine **zu Frustration führende iso-antiferromagnetische Abstoßungs-Wechselwirkung** zwischen den Paaren, weil jedes Paar ist ja isospinmäßig nach außen ausgerichtet.

**Problem3: wie berechnet man Frustration in Molekül-Konfigurationen**

Das folgende erklärt die **Kristallbildung**: sie ist **wie beim Wasserstoff Phase I**. Kristall von H<sub>2</sub>-Molekülen. Nicht mal mit Monte Carlo gut zu berechnen. Interessant ist, dass bei etwas höheren Temperaturen die Wasserstoffmoleküle im Kristall noch rotieren können. Dem entspricht, dass sich eventuell noch gar keine tetraedermoleküle gebildet haben, jedenfalls keine mit sternförmig ausgerichteten Isospins. Daher **LambdaQCD < LambdaFermi**, obwohl man a priori denken könnte, dass die Molekülbildung mehr Energie freisetzt als die Kristallbildung.

ALSO: man hat bei LambdaFermi einen DMESC, in dem nur die Paare auf benachbarten Raumpunkten gleich ausgerichtet werden, aber noch keine Tetraeder gebildet sind (aber wie soll das gehen????). Erst bei LambdaQCD bilden sich die Tetraeder und demnach erst dort das Family-Spektrum!!!!

Oberhalb von LambdaQCD erwarte ich ein ganz anderes Mignonspektrum, nämlich nur 2 Triplets !? Aber was ist mit quark-gluon-plasma?

Ausweg: es kann sein, dass die Energie LambdaQCD der Frustrierung nicht bedeutet, dass sich die Tetraederstruktur auflöst, so wie auch LambdaFermi nicht bedeuten muss, dass sich das Kristall auflöst, sondern nur das Isospinalignment löst sich bei LambdaFermi auf.

thema braucht man gerüst? oder können sich die isospins allein stabilisieren, indem man ihnen eine Anziehungskraft zuordnet, ein attraktives Potential wie bei Bethe-Slater, das bei kleinen Entfernungen antiparallel-anziehend macht und bei größeren Entfernungen parallel-anziehend?

aber aus welcher fundamentalen WW ergibt sich dies alles?

dazu kann man sich auf zunächst auf die Tetraeder-Molekülbildung beschränken, wo man ja Antiferro herleiten will wie zB die Elektronen im He-Atom oder im H<sub>2</sub>-Molekül

1. wie beschreibt man, dass immer gerade 4 zusammenfinden?

2. wie beschreibt man überhaupt den Vorgang einer 'Molekülbildung'.

Teilweise wird dabei erheblich Energie freigesetzt, wie man bei Knallgas sieht.

- Tetronen als '([Ur]knall]gas', dessen Energie bereits für Urknall ausreichen könnte. Also allein bei der bildung des tetraedermoleküls kann es urknallartige explosion gegeben haben. Aber dann stellt sich die Frage, wie kann diese Energie nur in Richtung des Teppichs gewirkt haben. Dazu müsste **der Teppich schon vor den Molekülen existiert haben** - also es gab das DMESC schon vor der molekülbildung, das würde auch **LambdaQCD < Lambdaweak** erklären. Also es bildete sich ein an sich ungeordneter Teppich von lauter parallelen IsoSpins,

und innerhalb des Teppichs haben sich DANACH die Tetraedermoleküle gebildet? Und deren Bildungsenergie hat den Teppich (noch weiter) auseinandergetrieben.

Diese Idee **widerspricht** allerdings normalen Phasendiagrammen, wo sich beim Abkühlen zunächst ein Molekül und dann ein Kristall bilden (zB für Wasserstoff siehe Datei gut Phase\_diagram\_of\_hydrogen.jpg).

**einfach mal Molekülbildung und deren Energiefreisetzung allein untersuchen am Beispiel H<sub>2</sub> Molekül aus atomarem Wasserstoff.**

**wie genau läuft die Energiefreisetzung ab, wie beschreibt man das?**

**Soweit ich weiß kann man die H<sub>2</sub>-Bildung auch als (anti)ferro Ausrichtung 2er Spins verstehen, also Molekülbildung so verstehen wie wir den Tetraeder als Antiferro verstehen wollen.**

**Wasserstoffsolid=Kristall aus H<sub>2</sub>-Molekülen:**

**phase I (bei Druck 0): a hexagonal close-packed structure formed of freely rotating**

**molecules. Bodo: aber wenn Temperatur noch weiter runtergeht, müssten die Rotationen zum Stillstand kommen.**

**phase II,III: höherer Druck, wo die Moleküle fixiert sind**

**We have not considered phase I in our calculations, which is stable at low pressures, because an accurate description of this phase would require a full quantum treatment of the proton spin. Instead we focus our attention on the phase behaviour at higher pressures, where the candidate structures are such that the nuclei are highly localised and hence the motion of the protons is likely to be well-described by collective bosonic vibrational modes.**

Achtung: Deuterongrundzustand ist (pn-np)\*spintriplet und man könnte meinen, dann muss der Tetron-Grundzustand polarisiert sein bzgl normalem Spin. Aber wir haben ja an jeder Site ein Tetron-Antitetron-Paar sitzen, wo die Spins ein Singlet bilden und die Isospins ein Triplet!!! A priori könnten die Isospins also UUbar, DDbar oder UDbar+DUbar entsprechen, aber da wir in dem ausgerichteten Kristall sind, **ist es UUbar** (zeigt nach außen)!

**Wir haben ein ziemlich kompliziertes System:**

**(i) TTbar Paar als Spinsinglet und Isotriplet UUbar (also anders als der Deuterongrundzustand), wobei die Isospins vor dem Alignment in beliebige Richtung zeigen können.**

**(ii) Das Paar ist ein Spin-0-Boson und bildet mit 3 weiteren Bosonen ein Tetraedermolekül. Ok, das Wasserstoffatom ist auch ein Boson, und trotzdem muss man bei der Molekülbildung zu H<sub>2</sub> die Wechselwirkung der**

fermionischen Komponenten (dh der Elektronen und Protonen)  
hinschreiben!!!!

(iii) Die Moleküle bilden ein Kristall, in dem die Isospins aligned sind

Folgende Modellrechnungen wären möglich:

- Berechne die Bildung eines einzelnen Paares entweder wie Heliumatom oder wie H<sub>2</sub>. Spin0-Isospin1, also  $U \cdot \bar{U} \cdot (u_d - d_u)$  oder  $U_u \cdot \bar{U}_{d\bar{d}} + U_d \cdot \bar{U}_{u\bar{u}}$ , wobei die kleinen Buchstaben für die normalen Spins stehen. Für L=0 hat man simple Schrödingergleichung mit  $H = p^2/2m + V_0$  plus evtl ein Tensorpotential  $V_1 \cdot (3(s_1 \cdot r)(s_2 \cdot r)/r^2 - (s_1 \cdot s_2))$ . Mit  $V_0 = \text{Kastenpotential}$  kriegt man Wellenfunktion, Energie und Ausdehnung des Deuterons. (siehe Deuteron-pdf) Ergebnis u.a.: damit das Spin0Isospin1 der Grundzustand ist, muss ein Term  $-(s_1 \cdot s_2)(l_1 \cdot l_2)$  im Potential da sein. The size of the deuteron is determined by the binding energy and not by the range of the force. Aber Achtung: bei Tetronen gilt evtl die Quantenmechanik nicht.
- Berechne das Alignment 2er Paare, d.h. ohne die Tetraederbildung. 4 Teilchen involviert. Kann man eventuell auch wie H<sub>2</sub> berechnen, da man dort die Kernprotonen mitnehmen muss. Ortsfestigkeit der Paare im Kristall hat man ja. Das Ergebnis wird wiederum von den Potentialannahmen abhängen.
- Berechne die antiferro Tetraederbildung auch 4 Paaren. Ein Problem mit 8 Teilchen, wo aber Spin und Isospin bekannt sind:  $U_1 \cdot \bar{U}_{1\bar{1}} \cdot (u_{1d1} - d_{1u1}) \cdot (2) \cdot (3) \cdot (4)$

Eigentlich geht es um die Frage, ob eine einfache Fermi-Dirac WW  $\bar{U} \cdot \gamma \cdot U \cdot A_m$  ausreichend ist, dass die obigen 3 Rechnungen richtig rauskommen. Nota bene: Bei  $(\bar{U} \cdot \gamma \cdot U)^2$  braucht man gar kein  $A_m$ !!!!

also NJL? Mit  $U = U_0 + \delta U$  kommen stark gebundene Higgsterme raus, wobei  $\text{Higgs} = \delta U^2$ . Aber die Paarbildung, die Tetraederbildung und die Kristallbildung versteht man mit NJL nicht. Paarbildung ist eher wie Wasserstoffatom, also Coulombanziehung. Also braucht man eine Theorie mit Coulombgesetz oder  $1/r^{n-2}$  in n dimensions zwischen 2 Tetronen wie beim Wasserstoffatom. Das erklärt die Paarbildung! Bei sehr kleinen Abständen gibt es eine Abstoßung durch Pauliprinzip. Und wie geht die Molekül- und Kristallbildung vonstatten?

wodurch werden kristalle eigentlich so stark zusammengehalten?

die atome sind doch alle elektrisch neutral

antwort bei ionischer Bindung: paulis geschlossene schalen und dann sind es geladene Ionen

antwort bei metallischer bindung: die leitungselektronen in ihrem gesamtcrystalband sind eine art Kitt, der zwischen den geladenen



**Kristallionen vermittelt.** Bei tetrons würden die Vektorbosonen diese Rolle übernehmen???? Sie hätten dann aber mit der Elastik des DMESC zu tun, also mit der Gravitation.

**antwort bei kovalenter bindung: ebenfalls paulianziehung von 2 elektronen mit antiparallelem spin.**

**antwort bei van der waals: induzierte dipole**

**Note1: eigentlich sind ja metalle so biegsam wie der DMESC**

Note2: Bei der Ionenbindung ist die Ausgangslage, daß sich verschiedene Atome, die zum einen zu wenige und zum anderen zu viele Elektronen haben (immer bezogen auf gefüllte Schalen) zusammenschließen, und dabei Elektronen von einem Partner zum anderen transferiert werden

Hingegen Kovalente Bindungen in Reinkultur liegen vor, wenn zwei Atome, die beide zu wenig Elektronen haben, sich verbinden.

Das Grundprinzip ist immer dasselbe: Die Atome teilen sich den Mangel; dabei geht es ihnen viel besser als wenn jedes seinen Elektronenmangel alleine bewältigen muß.

Korrekt ausgedrückt bedeutet dies, daß sich Orbitale  $\psi_1$  und  $\psi_2$ , die nur teilweise besetzt sind, sich beim Näherkommen überlappen und, je nach Vorzeichen, ein gemeinsames Orbital bilden können, das gleichberechtigt zu beiden Atomen gehört:  $\psi_1 + \psi_2$  ist bindend, das andere antibindend  
Kovalente Bindung

Man spricht von einer kovalenten Bindung, falls die Kernabstände  $R$  kleiner sind als die Atomradien der am Molekül beteiligten Atome, sich die Elektronenhüllen also überlappen. Wie wir beim  $H_2$  gesehen haben, wird dadurch **die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen zwischen den Kernen erhöht, was eine Bindung bewirkt.**

**Die stärkste Bindung tritt auf, wenn die Spins der beiden Elektronen antiparallel sind, da sie sich dann aufgrund des Pauliprinzips dann näher kommen können** und sich somit die Ladungsverteilung ändert (Austauschwechselwirkung)

Ein weiterer Bindungsgrund ist, dass die Elektronen in den größeren Molekülorbitalen eine kleinere Energie haben als in den Atomorbitalen. Dies folgt aus der Unschärferelation: Ist die Ortsunschärfe größer, wird die Impulsunschärfe kleiner. (!!ÜBERPRÜFEN DURCH NIKI!!)

Zwischen den Grenzfällen der ionischen und der kovalenten Bindung gibt es einen kontinuierlichen Übergang, es ist daher wichtig, die jeweiligen Anteile abzuschätzen.

**Idee nebenbei zur Vermeidung von Tetronen als Fermionen (geht nicht):**

braucht man  $8 = (2,1,2) + (2,2,1)$ ? Oder reicht ein bosonisches Isospindublett mit Spin 0, dh  $(1,2)$ ? Kommend aus 4 von  $SU_4$  würde nicht Spin 0 sein. Betrachte

den nichtrel Fall: Es könnte einfach von  $SU_2 \times SU_2 = SO_4$  kommen. Die 4 von  $SO_4$  ist  $(1,2) + (2,1)$  von  $SU_2 \times SU_2$ . Neben dem bosonischen Isospindublett  $(1,2)$  hätte man ein fermionisches Isospinsinglett  $(2,1)$ .

Die Tetronen wären Bosonen und man hätte **kein Problem mehr wegen der Quantenmechanik**. Die würde einfach für Tetronen nicht gelten. **Aber was ist mit dem fermionischen Isospinsinglett????** Man darf Überlagerungsgruppe  $SU_2 \times SU_2$  von  $SO_4$  gar nicht erst betrachten. Wie soll man Isospinvektoren  $2 \cdot \text{vectau} \cdot 2$  bilden aus der 3 von  $SO_4$ ? Es ist auch **nicht klar, wie die Faserung  $R_3$  über  $R_3$  in einem  $R_4$  laufen kann**. Man kann natürlich  $R_4$  a la Penrose durch 2 Spinoren beschreiben, aber dann ist auch wieder unten ein Spin beteiligt, also ein Fermion.

**In einem  $R_3 \times R_3$  von einem  $(1,2)$  auszugehen, lohnt nicht, weil es dazu keine Darstellung von  $R_6$  gibt...**

## Frühjahr 2018

viele Fragen:

-hat man 8 in  $6+1$  oder  $7+1$ ?

-wie dehnen sich Wellen in  $6+1$  oder  $7+1$  aus? wie sieht überhaupt die Wellengleichung aus? in gammamatrizen oder in Oktonionen schreiben

Nb: Im gegensatz zur Wellengl für elastisch, wo es 2 Geschwindigkeiten gibt, gibt es bei Wellengleichung für Akustik nur 1 Geschwindigkeit. DMESC ist also eher der akustische Fall. elastik: there is a longitudinal wave travelling in the direction of the deformation with speed  $c_l$ , and a transverse wave travelling in a plane orthogonal to the deformation with speed  $c_t$ . These two waves are also known as P and S waves respectively. The S-wave is only present due to the ability of the medium to support shear stresses.

**ABER DIES BETRIFFT ANREGUNGEN=MIGNONEN, während wir bei den tetronen noch nicht mal wissen, ob sie eine Welle ist bzw ob sie eine Wellengleichung erfüllen. Daher ist evtl auch gar nicht interessant, dass Wellen in 6 oder 7 Raumdimensionen sich anders verhalten als in 3. Was wir wissen ist, dass sich die Tetronen ziemlich analog wie Elektronen in einem elastischen Lattice verhalten und ihre Isospins so ähnlich wechselwirken wie beim normalen Magnetismus. Man benötigt eine quantenmechanische Austauschwechselwirkung, obwohl die normale Quantenmechanik erst auf Mignonlevel generiert wird.**

-wie kann es ein Fermion bzgl der normalen QM und des normalen Wirkungsquantums sein? wenn überhaupt, muss es ein eigenes hquer geben???? Und Strahldarstellungen und Wellenfunktionen, deren Phase nicht relevant ist. - Oder startet man mit der bosonischen 8 in  $7+1$ ? Aber die transformiert sich anders als die fermionische 8. Und evtl bekommt man keinen Isospin heraus  $8=21_2+12_2$  gilt nicht! Denn bosonische  $8=1+7$  bei Übergang von  $SO_8$  zu  $SO_7$  und  $7=11_3+22_1$

-hat man hamilton als Erhaltungsgröße?

gibt es einen Anteil  $V$  für potentielle Energie, so dass  $-\text{grad}(V)$  die Kraft  $dp/dt$  ist?

-wie kommt die starke Bindung zustande, die das Gerüst des DMESC zusammenhält?

und dass sich 'Stacheln' bilden, die verhindern, dass der Teppich sich in die inneren Dimensionen ausdehnt

eigentlich sind die Bauteile des DMESC bosonische  $t\bar{t}$ -F Bindungszustände wenn  $t$  Fermionen sind, muss Gesamtwellenfunktion immer antisymm sein haben die  $t\bar{t}$  spin0 und isospin1? Daraus ergibt sich symm oder antisymm raumfunktionskombi +-

für Streuung der Tetronen ist dann  $\langle f_1 g_2 + f_2 g_1 | V(1-2) | f_1 g_2 + f_2 g_1 \rangle$  relevant, und damit

kriegt direkte und Austauschintegrale und Energieniveaus  $(D+J)/(1+S)$

NB: innerhalb des DMESC sind jedoch die WW zwischen bosonischen F und G relevant

$\langle F_1 G_2 + F_2 G_1 | W(1-2) | F_1 G_2 + F_2 G_1 \rangle$

hierbei sind noch zu unterscheiden Jinnen und Jaussen und Dinnen und Daussen

verantwortlich für QCD, Fermi, em und Gravi

-herzuleiten ist  $F_{\text{Coulomb}}$  und  $F_{\text{Newton}}$ , gilt aber nur für die Mignonen

**Int int  $f_1 * f_2 * V_{12} * f_1 * f_2$  für Streuung 2er Tetronen  $12 \rightarrow 12$ . 6dim**

**Doppelintegral in 3d Unterräume aufspalten. Dort weiß man, dass Coulomb bzw Newton rauskommt, aber nur für Mignonen, nicht für Tetronen.**

Wegen  $F_C = \alpha * F_N$  für ein Elementarladung  $e$  und eine Planckmasse  $M_{\text{Pl}}$  sind innenelektromagnetische und außengravelastische direkte Kräfte ungefähr gleich groß - dh bis auf einen Faktor  $\alpha$  etwa 0.01. Daher vermute ich, dass es leicht ist, ein **Tetronpotential in R6 als gemeinsame Ursache** von  $F_C$  und  $F_N$  auszumachen (Achtung: die starke und die schwache WW und ihr Isomagnetismus sind Austauschkräfte  $J$ , sowohl innen als auch außen, Jinnen/Jaußen auch etwa 0.01. Beide geben wie Austauschintegrale Beiträge zur Magnonenenergie, also Fermionmasse.)

Ist  $F_N$  deshalb einen Faktor 100 größer als  $F_C$ , weil sich die Tetraeder um einen Faktor 100 näher sind als die Tetronen im Innenraum?

Das widerspricht aber der Bethe-Slater-Kurve, denn die sagt bei kleineren Abständen das Antiferroverhalten voraus, das wir im Innenraum brauchen, während bei großen Abständen Ferroverhalten erwartet wird. Dem kann man entkommen, wenn die Tetron-Orbitale elliptische Form haben, also nach außen weiter reichen als nach innen.

Sind die Energien  $E_C$  und  $E_N$ , die ja beide  $\propto 1/r$  gehen, durch einfache oder durch Doppelintegrale bestimmt?  $\int f^* V_0 f$  oder  $\int f^* g^* V(1-2) f g$ ?  
Antwort: Letzteres, weil es um Tetron-Tetron-WW geht und nicht um Streuung an einem Potential  $V_0$ .

**SEHR GUT:**

Es treten immer direkte Integrale und Austauschintegrale auf. Dies liegt daran, dass man in der QM identischer Teilchen Kombis  $f_1^* g_2 + f_2^* g_1$  betrachten muss.

siehe: <https://de.wikipedia.org/wiki/Austauschwechselwirkung>

Dort steht, dass es auch für Bosonen gilt, evtl mit anderem Vorzeichen.

Nota bene sind die Tetron-Antitetrons auf einer Tetraeder-Site **Bosonen!**

Diese Paare haben Isospin 1 und Spin 0! ~~Denn bei Teilchen-Antiteilchen ist das Isotriplet gegeben durch  $U\bar{D}$  und  $D\bar{U}$  und also antisymmetrisch und also muss auch der Spinanteil... FALSCH, denn  $U\bar{D}$  und  $D\bar{U}$  hat auch wenn es Teil des Triplets ist, Isospin 0!~~ Sondern für uns ist  **$U^* \bar{D}$**  relevant, also  $p_{1+}$ . nb: Alle Pionen haben Spin=0, und  $U^* \bar{D}$  hat Isospin  $I=I_3=1$ .

Achtung: es geht im Innern der Paare nicht um identische Teilchen, sondern bei der Paarung 2er verschiedener Paare geht es um identische Teilchen und Funktionen  $F^* G + G^* F$

Wenn man nun 2 solche  $t\bar{t}$ -Paare  $F$  und  $G$  betrachtet, die entweder auf benachbarten Tetraedern (ferro-Fall) oder im gleichen Tetraeder (antiferro) sitzen, so wird die Gesamtwellenfunktion dieser beiden Paare durch  $F_1^* G_2 + F_2^* G_1$  (da der Spinanteil wg Spin 0 ja symmetrisch ist), und die Energien sind  $D+J$ . Wenn  $J$  negativ ist, hat man Ferro, sonst Antiferro, siehe Bethe-Slater. Es ist aber nicht nur eine Frage der Abstände  $r$  und  $R$ , insofern ist die Bethe-Slater Kurve falsch, sondern nach innen verhält sich  $J$  anders als nach außen.

Wir haben Jinnen und Jaußen mit entgegengesetztem Vorzeichen, da wir innen Antiferro wollen, und außen Ferro. Analog wird auch das direkte Integral Dinnen von Daußen verschieden sein. Die Integrale außen und innen beziehen sich wahrscheinlich auf die  $R_3$ -Teilräume von  $R_6$ . Die Gesamtorbitale sind wahrscheinlich nach außen langgezogen und nach innen gequetscht, damit innen trotz kleinerer Abstände ein für Antiferro benötigter kleinerer Überlapp herauskommt (siehe Heft) und damit die bethe-slater intuition wieder stimmt.

Verkürzt:

Jinnen= $\Lambda$ QCD

Jaußen= $\Lambda$ Fermi bzw topmass

Dinnen=electromagnetic alpha

Daußen= $G_{\text{Newton}}$

**Fragen:**

- wie kann man das insbesondere für Gnewton beweisen? Können die Mignonkräfte FCoulomb und FNewton und J mit den Tetronkräften so einfach korreliert werden? Naja, J\*SS sind immerhin schon mal Tetronkräfte.**
- was ist die Form von V(1-2) in R6?**

Der israelisch-italienische Mathematiker und Physiker Giulio Racah beobachtete, dass die bei Mehrelektronensystemen auftretende elektrostatische Abstoßung in ihrer Gesamtheit durch nur drei Linearkombinationen Slater'scher Elektronenwechselwirkungsintegrale  $F_k$  (Coulombintegral, Austauschintegral, Abstossungsintegral) beschrieben werden kann.  
F0, F2 und F4

-----eof-----