

**das meiste in dieser Datei ist erledigt**

**PV:**

-aL vs aR ist genauso rätselhaft wie  $\bar{U}u$  vs  $\bar{D}d$  (dh  $iL$  vs  $iR$ ). Aber das fordern wir nicht ganz. Unsere innere PV geht mit Tetraedern

Achtung: normale Technicolor  $H = \bar{U}u + \bar{D}d$  mit  $\langle \bar{U}u + \bar{D}d \rangle$ , während  $\bar{U}u - \bar{D}d$  die longitudinale Mode des Z ist. Die relative Größe von  $\langle \bar{U}u \rangle$  und  $\langle \bar{D}d \rangle$  ist anscheinend nicht festgelegt

-hängt alles mit der Spiegelverletzung der A4 zusammen. Jeder Stern hat die gleiche Energie, jeder Stern ist PV. Die innere PV Brechung kommt durch den Stern. Da auf dem Stern weder U noch D Richtung ausgezeichnet sind, plädiere ich für  $\langle \bar{U}u + \bar{D}d \rangle$  statt  $\langle \bar{U}u \rangle$ .  $\bar{U}u + \bar{D}d$  entspricht ja genau der Länge des Radialvektors  $\sim e_r$ , der auch beim Stern die entscheidende Rolle spielt.

Gegenargument: Higgsdublett als Ordnungsparameter kommt überhaupt erst, weil Spinvektor-Triplet als Ordnungsparameter nach der PV nicht taugt. Also Dublet  $\bar{U}u$  (UL,DL)

-Die Paarungen durch das Kondensat sind in alle Richtungen gleich. Den Stern haben vorher die antiferro Abstoßungen bestimmt. Allerdings sind die 4 Richtungen, in denen die Spinvektoren liegen, doch irgendwie ausgezeichnet., aber nur als ganzes mit Händigkeit. Bzgl der Paarung mit dem Anti ist immer nur Gegenrichtung wie in  $\bar{u}u + \bar{d}d$

**die Frage:  $\bar{u}u + \bar{d}d$  oder nur  $\bar{u}u$ :** für das Alignment reicht  $\bar{u}u + \bar{d}d$ , da im Tetraeder sind u und d gleichberechtigt. OBWOHL A4 die innere PV macht, was letztlich zu  $SU(2)_R \times SU(2)_L \rightarrow SU(2)_L$  führt. Kann man die Händigkeit des Tetraeders  $S_1(S_2 \times S_3)$  mit  $S_i = (ud)\text{sig}(ud)$  irgendwie auf  $\bar{u}u$  zurückführen? Nur auf eine Kombi von  $u_1, u_2, u_3$  und  $d_1, d_2, d_3$ . **Primär für die Kondensation ist erstmal, dass sich  $q\bar{q}$  Spins paaren.** Man braucht dafür relativistisch das Konstrukt  $\text{sig} + i\pi^3 = (\text{sig} + i\pi^3, \dots)$  mit  $\text{sig} = \bar{u}u + \bar{d}d$  und  $\pi^3 = \bar{u}u - \bar{d}d$ . Beim Magnetismus spielt  $\pi^3$  die Hauptrolle, da es mit  $S_z$  zusammenhängt, der Magnetisierung in z-Richtung. Hier dagegen soll  $\langle \pi^3 \rangle = 0$  sein. Um dies zu erreichen, muss  $\langle \bar{u}u \rangle = \langle \bar{d}d \rangle = \langle \text{sig} \rangle / 2$  sein.

**Einsichten**

**eine demokratische Massmatrix erklärt nicht mehr als  $\text{diag}(1,0,0)$  für eine Familie mit großer Masse und 2 Familien mit Minimasse, und man hat außerdem großes Mixing**

**Wir haben den Kompaktifizierungsradius R bei  $\Lambda_R = R^{**(-1)} = 10-100$  TeV und die Fermiskala bei  $\Lambda_F = 100$  GeV. Normalerweise wird die Masse der Anregungen zu  $\Lambda_R$  erwartet. Bei uns spielt jedoch die Fermiskala  $\Lambda_F$  eine Rolle, der zumindest die Top-, Higgs- und W/Z-Masse bestimmt.**

Bei den Magnonenergien spielt zudem auch anschaulich die Krümmung des Raumes keine Rolle, sondern die Stärke der magnetischen Ausrichtung.

Es bleibt dann die Frage, warum die anderen Fermionmassen um Faktoren 100 kleiner sind. Irgendwie könnten Potenzen von  $\Lambda_F/\Lambda_R \approx 100$  eine Rolle spielen. Topmasse  $\Lambda_F/\Lambda_R \cdot \Lambda_R$

Möglichkeit: durch die Krümmung können die Spins weiter auseinanderzeigen als sonst - auch bei den Schwingungen. Dadurch gewinnt der antiferromagnetische Zustand Energie. Bei den Schwingungen führt das dazu, dass jene bevorzugt werden, die weiter auseinander driften.

die 8er Konfig ist auch nicht besser als die 4er, weil beide 8er energetisch äquivalent sind

in der Arbeit **4tetrons und 4antitetrons**, wobei sich je ein Tetron und Antitetron einen Punkt teilen, sonst kriegt man den HiggsVEV relativistisch nicht hin. Andererseits kann es einen Kristall aus Teilchen und Antiteilchen nicht geben; außerdem weiß man nicht, welche der 24 Mignonen, die man bekommt, Teilchen sind und welche Antiteilchen.

Oder geht?: außenTeilchen\*(innenTeilchen+Antiteilchen)+  
außenAntiteilchen\*(innenTeilchen+Antiteilchen)?

Antwort doch besser SO6?  $8+8 \rightarrow 12+12+21+21 \rightarrow 12+12+21+21$  (weil innen nichtrel)

der Drehimpuls in S3 ist ein 3er Vektor und guckt gar nicht aus der S3 raus, sondern liegt im Innern. Alle Richtungen sind gleichberechtigt, und es gibt keine, die energetisch ausgezeichnet wäre. Damit fällt die Idee in sich zusammen.

die inneren Spinvektoren sind identisch mit den Faktoren, die im NJL Modell auftreten und mit WZ wechselwirken

sie können auch bosonisiert werden  $S_{plus}=b$ ,  $S_{minus}=b_{kruz}$ ,  $S_z=1-b_{kruz} \cdot b$  etc, und die b machen dann die Schwingungen, also in dieser Näherung die S

aber sie sind nicht der Ordnungsparameter, sondern der Pseudoskalar Higgs ist es!

ALLERDINGS: Theorem von Marshall: Beim Heisenberg-Antiferromagneten ist der Grundzustand ein Singulett (benachbarte Spins immer entgegengesetzt)

Grundgleichung:  $dL/dt = \text{Torque}$  Hier:  $L=S=\text{angular momentum}$

$dS/dt=S \times H$  mit  $H=J(S'+S''+S''')$  effektiv durch die 3 benachbarten Spins

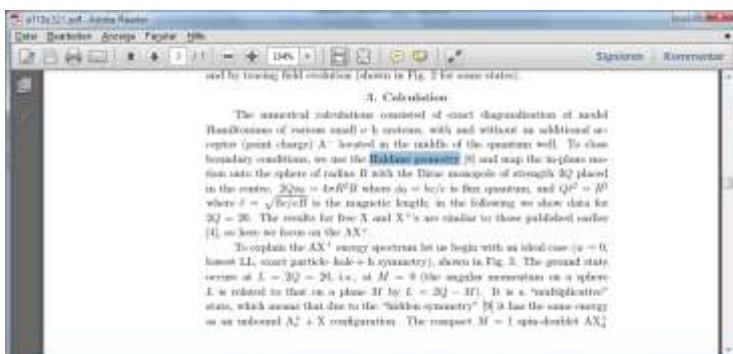
die Sphäre selbst hat Drehimpuls  $L=I \cdot \omega$  mit  $I=0.6666 \cdot m \cdot r^2$  und  $\omega=\text{Frequenz}$   
also wenn das Teilchen in der Sphäre rotiert ist was anderes als wenn es senkrecht dazu rotiert.

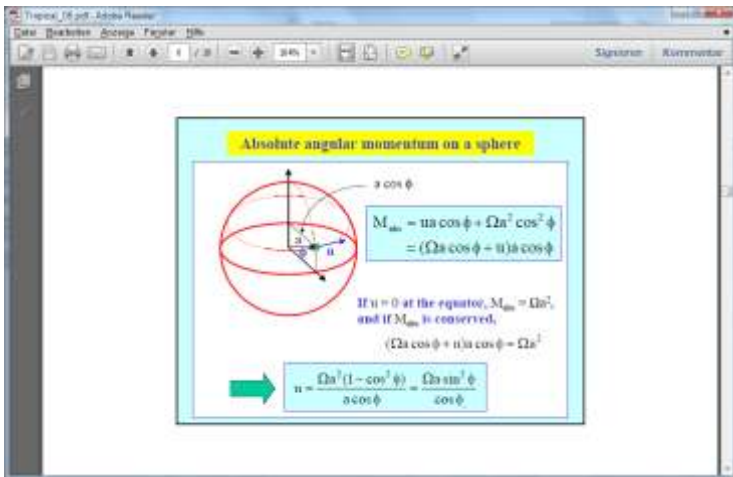
wir wissen, wie die Schrödingergleichung auf Sphäre geht ( $r=1$ )

führt zu gewissen Energiezuständen, durch  $n,l$  parametrisiert

wir brauchen die Pauligleichung auf 3-dim Sphäre S3 – aber hat die eine Beziehung zum Heisenbergmodell? Ja, sie bestimmt die Larmorfrequenz, aber dabei wird die Ortsabhängigkeit vernachlässigt, die gerade die r-Abhängigkeit gibt

the angular momentum on a sphere  $L$  is related to that on a plane  $M$  by  $L = 2Q - M$





Algebraic and differential equations for spinning particles on the sphere

Jaime Keller, Robert M. Yamaleev, Adán Rodríguez

We revise the mathematical formulation of the theory of a particle in a spherical surface, in particular we show that the system of relations between two sets of generators of the  $SU(2)$  group lead to a formulation of nonrelativistic spin one half theory on the sphere  $S^3$ . First we examine various possibilities to extend this approach in the case of relativistic motion, then we give formulation for the Dirac and Maxwell equations in homogeneous space-time where a geometrical point is associated with the notion of relativistic top. Finally we formulate these equations in a  $S^3$  surface embedded in  $R^5$ , using spherical system of coordinates, and examine the eigenvalue problem.

Journal: Advances in Applied Clifford Algebras - ADV APPL CLIFFORD ALGEBR , vol. 8, no. 2, pp. 235-254, 1998

*Antiferromagnetism* is relatively well understood: A mechanism for the generation of antiferromagnetic exchange interactions has been proposed by Anderson [2], who discovered a close relationship between the half-filled Hubbard model and the Heisenberg antiferromagnet using perturbative methods; (see also [3] for mathematically more compelling and more general variants of Anderson's key observation). It has been proven rigorously by Dyson, Lieb and Simon [4], using the method of infrared bounds previously discovered in [5], that the *quantum Heisenberg antiferromagnet* with nearest-neighbour exchange couplings exhibits a phase transition accompanied by spontaneous symmetry breaking and the emergence of gapless spin waves, as the temperature is lowered, in *three or more* dimensions. (The Mermin-Wagner theorem says that, in (one and) two dimensions, continuous symmetries cannot be broken spontaneously in models with short-range interactions, [6].)

Recently several authors have discussed the manner in which quantum mechanics should be formulated on manifolds.<sup>1)-3)</sup> It turns out that, on a manifold, there exist some inequivalent quantization schemes, which can be identified with superselection sectors of the system. It is quite interesting that they could also discuss the origin of spin and gauge structure. Landsman and Linden,<sup>3)</sup> developing the canonical group quantization of Isham,<sup>2)</sup> discussed quantum mechanics on coset spaces. Regarding a circle  $S^1$  and a sphere  $S^2$  as  $R/Z$  and  $S^0(3)/S^0(2)$ , respectively, they found that the Aharonov-Bohm  $\theta$ -angle and the Dirac magnetic monopole appear naturally in their quantum mechanics. Subsequently and independently, Ohnuki and Kitakado (O-K) investigated quantum mechanics on  $S^D$  embedded in  $R^{D+1}$ .<sup>4),5)</sup> They found that the same gauge structures as those of Ref.3) emerge in the representation of their fundamental algebra of observables on  $S^D$ . They also observed that, in an appropriate limit, their quantum mechanics on  $S^D$  reduces to the usual quantum mechanics on  $R^D$  with the spin automatically built into the theory. On the other hand, McMullin and Tsutsui developed a generalized version of Dirac's quantization of a constrained system.<sup>6),7)</sup> Regarding  $S^4$  as  $Spin(5)/Spin(4)$ , they found that their H-connection reproduces a background BPST instanton and that the relativistic

spin structure naturally arises in their quantization scheme. It should be noted that the induced gauge fields found in Ref.5) is in fact the H-connection.8)

# Titel der Arbeit: Phinons, Mignons and the Standard Model oder besser: possible origin of the Higgs mechanism

Um den Leser nicht zu beanspruchen, das erste Kapitel nur mit A4-Symmetrie und daraus die SSB und die Fermionmassen

Themen:

- weak SSB aus NJL für mein Modell; Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren für Mignons und auch für ANTMignons definieren. Daraus ein relativistisches Hubbard-Modell formen; evtl auch für gemischt räumliche + Spinschwingungen
  - Berechne die Grundzustandsenergie für den Tetraederstern
  - wie entsteht PV?
  - wie entsteht das Higgs als physikalisches Teilchen?
- deviations from QCD für unsere finite gauge group  $A_4+S(S_4-A_4)$   $(3,1)+(1,3)$  als komplexe Darstellungen für Quarks aus "T+CT", wobei C=inner charge conjugation und ebenso aus "Ts+CTs", wobei s auf die innere Zeitumkehr hindeutet
  - aber laut Wiki ist  $(3,1)+(1,3)$  ein 2er Tensor wie der elektromagnetische Feldtensor, also Quark und Antiquark könnte man in so einem Tensor unterbringen.  $(3,1)$  und  $(1,3)$  sind selbstduale und antiselbstduale 2er-Tensoren
  - Außerdem gibt es für die Leptonen A, As etc kein c.c. zu  $(1,1)$
- Entstehung des Photons aus 8-dimensionaler QED; 8dim SUSY-QED wahrscheinlich nicht

## Grundprobleme, noch zu bearbeiten:

**Ausräumen folgender Zweifel:**

-wird das Spektrum wirklich durch die benötigte Kombi beschrieben? Vielleicht gibt es wegen  $S^2=1$  für jeden Spinvektor nur 2 Magnonen.

-wie kommt man von den A4-Triplets zu SU3color-Triplets?

-wie kommt das stark unterschiedliche Massenspektrum zustande, wo es nur 2 Federkonstanten gibt, eine für A, eine für As, und vielleicht noch die Masse des fundamentalen Fermions, den VEV und den Durchmesser der Kompaktifizierung  
 -gibt es im SU2 Limit wirklich SU2-Dublets, obwohl Magnonen ja Bosonen sind und obwohl die SU2 den Grundzustand völlig verändert? Die schwache SU2 verändert ja auch den Grundzustand völlig (Wirkung auf Higgs) und wirkt gleichzeitig auf e und n.

## Was ist die Ur-Theorie?

### Supersymmetrie

- $d = 8, \mathcal{N} = 1$  SSYM.

Each vector multiplet contains one vector field, two real scalars and one Majorana spinor. (Or equivalently, one vector, one complex scalar and one Weyl spinor).

$$R = SO(2) = U(1).$$

Allerdings ist nicht klar, ob der Majorana-Spinor überhaupt mit dem Vektorfeld wechselwirkt (siehe die Arbeit über Feynmanrules in 4dim susyqed, wo das Photino gar nicht mit dem Photon wechselwirkt und wo man stattdessen noch ein weiteres Fermion einführt)

Achtung: die 8 von SO(8) ist laut Ross wirklich händisch, eine 8L oder 8R genau wie in 4 Dims 2L und 2R. Alle diese Darstellungen sind reell (--> Ross S. 237), dh selbstkonjugiert.

**Wie passt das** mit meiner alten Zerlegung  $8 = (1,2,1,2) + (2,1,2,1)$  zusammen, wo von Händigkeit keine Rede war?

Laut Slansky ist  $8_i \times 8_j = 8_k + 56_k$  für  $i,j,k=s,v,c$  also  $8_L \times 8_R = 8_s$  gibt das 'Photon'

$8_s = (2,2,1,1) + (1,1,2,2)$ , also ein inneres und ein äußeres Photon, denn ein 4er Vektor transformiert sich nach (2,2), und in einer nicht-susy SO8 QED führt die INNERE (1,2)-(2,2)-(2,1) fermion-photon-fermion WW zu den innen stark korrelierten Systemen.

Die Spinor 8 ist entweder Weyl-händig oder Majorana, wird erst bei der Kompaktifizierung bzgl der Unterräume Dirac gemäß  $8 = (1,2,1,2) + (2,1,2,1)$  - ICH VERSTEHE NICHT WARUM ER ANFANGS HÄNDIG IST, IN DEN UNTERRÄUMEN ABER NICHT MEHR

Das Photino trägt als Superpartner des Photons weder elektromagnetische, schwache, oder Farbladung. Es ist somit elektrisch neutral, also ein Majoranateilchen, wodurch es mit sich selbst annihilieren kann. Photinos have a lepton number 0, baryon number 0, and spin 1/2.

### SO7:

Hingegen die 8 von SO7 gibt es nur als eine einzige reelle 8, keine Händigkeit.

Unter SO8 --> SO7:  $8_s \rightarrow 7+1$  (dh 8s ist die Vektordarstellung), wogegen  $8_v \rightarrow 8$  und  $8_c \rightarrow 8$  desweiteren:  $7 \rightarrow (2,2,1) + (1,1,3)$  und  $8 \rightarrow (1,2,2) + (2,1,2)$  also ein Dirac mit innerer 2

## PV und SSB:

allgemeine Logik:

**alle meine 24 Shubnikovzustände sind innen-chiral.** Dies und die **Bindung innen-außen** durch Oktonionen bewirkt die **Bevorzugung außen-linkshändiger Zustände.** Dabei treten die-

se nur vor der Symmetriebrechung **als Dubletts** auf, also bevor die innere Heisenberg-SU2 gebrochen wird.

die innere Parität ist aufgrund der Punktgruppe A4 gebrochen. Sie hängt mit der äußeren zusammen (meine alte Arbeit) und führt dazu, dass im normalen Raum L und R Zustände sich verschieden verhalten. Die Brechung der inneren Parität ist Folge der Bildung der Cooperpaare, wodurch die Kristallstruktur sich zu A4 ändert. Auch die Zeitumkehr ist durch den Antiferromagnetismus gebrochen, so dass die Shubnikovgruppe A4+T(S4-A4) relevant ist. Wahrscheinlich ist auch die PV eine SSB, indem der andere Paritätszustand mit gleicher Energie eben nicht eingenommen wird.

Man hat zunächst  $\langle u\bar{u} + d\bar{d} \rangle$  mit SU2LxSU2R, doch dies bewirkt wg Antiferro-Eigenschaft unseren inneren A4-Grundzustand mit Chiralität (**geht das, obwohl der Ordnungsparameter paritätserhaltend ist?**)

nb: u $\bar{u}$  ist bei mir ein Objekt in d-Richtung, da ich innen auch Antiteilcheneigenschaft nehmen muss

Fragen:

-tritt zwischendurch SU2L als Symmetrie auf? eher nicht; die Eichbosonen werden durch die tetraedische Struktur effektiv linkshändig

## Antiteilchen

**gesucht: eine bessere Beschreibung als einfach zu sagen, man hat nichtrelativistische innere Teilchen und Antiteilchen separat (aber für den nichtrel Innenraum ist das total okay),** die schwingen können. Denn man will sie ja mit der Teilchen und Antiteilcheneigenschaften im Basisraum korrelieren. Man hat ein double-Diracfeld F(a,i) (sowohl a als auch i von 1-4) und sein Antiteilchen Fbar\*Gamma0, das zunächst auch im Innenraum ein Diracfeld f(i) mit Antiteilchen fbar\*gamma0 macht. Dann geht Lorentzinvarianz innen verloren und man hat dort Teilchen und Antiteilchen wirklich separat, und das reicht auch für schwachen Isospin: 8=(1,2,1,2)+(2,1,2,1) in SO8 wird zu 8=(1,2,2)+(2,1,2) in SO7

Man könnte zb aus einem Dirac-Psi die Positronkomponente nehmen und sie bei kleinen Energien mit der Elektronkomponente vergleichen. Aber bei kleinen Energien kommt nur der Paulispinor raus??? Feynman: Positronen sind Elektronen, die sich rückwärts in der Zeit bewegen. exp(ikx+Et) statt exp(ikx-Et)

Für ein Elektron in Ruhe ( $\underline{k} = 0$ ) hat man folgende Darstellung:

$$\psi^1 = e^{-i\omega_0 t} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \psi^2 = e^{-i\omega_0 t} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

und für ein Positron mit Spin:

$$\psi^1 = e^{+i\omega_0 t} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \psi^2 = e^{+i\omega_0 t} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

(vgl. Schmüser S. 8)

Es ist  $E = \hbar \cdot \omega_0 \Rightarrow \omega_0 = E / \hbar$ .

Im Exponenten steht jeweils  $i * (E / \hbar) * t$  (mit positivem oder negativem Vorzeichen). Nach Feynman läßt sich das

zB Quarks+Antiquarks in QCD: (1,2,3)+(2,1,3bar)???

## Vektorbosonen

1+3+8, wobei 1+3=K=Z2xZ2 gerade 180 Grad I,J,K. Genauer gesagt wohl die Überlagerungsgruppe, da  $I^2=-1$  etc, während die Quadrate der Elemente von Z2xZ2 immer +1 sind, und auch bei den anderen Produkten gibt es Vorzeichenunterschiede

Die 8 bilden 4 Untergruppen Z3, aber besser wäre, wenn sie etwas mit Z3xZ3 zu tun hätten.  
**Leider bildet 1+8 keine volle Untergruppe.**

Es kann auch sein, dass die Gluons ganz anders entstehen als W/Z und wieder was anderes ist das Photon.

## 2 ENERGIEN BEI 2 ZEITEN

$i \cdot \text{Dt} \cdot f = H \cdot f$   $f = f_0 \cdot \exp(-i \cdot E \cdot t)$   $E \cdot f_0 = H \cdot f_0$  zeitunabhängige Schrödingergleichung

$i \cdot (\text{Dt} + \text{Ds}) \cdot F = H \cdot F$   $F = F_0 \cdot \exp(-i \cdot E \cdot t - i \cdot W \cdot s)$   $(E + W) \cdot F_0 = H \cdot F_0$

Dh die Energien innen und außen addieren sich einfach

Jetzt starte von  $E \cdot f = H \cdot f$   $H = -\Delta/2m$   $f = \exp(ipx)$   $E \cdot f = p^2/2m \cdot f$

$(E + W) \cdot F = H \cdot F$   $H = -\Delta_x/2m - \Delta_y/2m$   $F = \exp i(px + ky)$   $(E + W) \cdot F = (p^2 + k^2)/2m \cdot F$

Jedoch periodisch in y:  $f(y) = f(y + l \cdot 2\pi R)$   $f = \exp(i \cdot k \cdot y) = \exp(i \cdot k \cdot y + i \cdot k \cdot l \cdot 2\pi R)$

-->  $k \cdot l \cdot R$  muss integer sein, also k sich wie  $1/R$  verhalten

außer die integer ist 0, also  $k=0$ ???



EICHINVARIANZ BEI FERMIONEN MIT INNERER (1,3)+(3,1)

(3,3) Eichfeld:  $A_{(iL,jL;iR,jR)} = A^{(aL,aR)} * L^{(aL)}_{(iL,jL)} * R^{(aR)}_{(iR,jR)}$  [1]

analog wie  $A_{(ij)} = A^a * \text{sig}^a_{(ij)}$

$A \rightarrow U^* A * U_m + U^* d^* U_m$  mit  $U = U_L_{(iL,jL)} * U_R_{(iR,jR)}$

aber das kann nicht sein. Denn das (3,1) Quark geht nur mit  $F_{(iL)} \rightarrow U_{(iL,jL)} * F_{(jL)}$

es soll  $F_{\text{bar}} * A * F$  ein Singlet sein  $(1,3) * (3,3) * (3,1) = (1 * 3 * 3, 3 * 3 * 1)$

bei L wird das Singlet aus  $A * F$  gebildet, bei R aus  $F_{\text{bar}} * A$

Lösung: das  $A=(3,3)$  ist nicht wirklich in der adjungierten Darstellung  $U^* A * U_m$ ,

und damit ist die Formel [1] auch NICHT RICHTIG, sondern

$A \rightarrow U_R^* A * U_L_m + U_R^* d^* U_L_m + U_L^* d^* U_R_m$

die Frage ist nur, ob damit die Eichinvarianz noch durchgeht:

normalerweise:  $F_{\text{bar}} * (d+A) * F \rightarrow F_{\text{bar}} * U_m * (d + U^* A * U_m + U^* (d^* U_m)) * U * F$

$$= F_{\text{bar}} * U_m * [(d^* U) * F + U^* d^* F + U^* A * U_m * U * F + U^* (d^* U_m) * U * F]$$

$$= F_{\text{bar}} * [U_m * (d^* U) * F + U_m * U^* d^* F + U_m * U^* A * F + U_m * U^* (d^* U_m) * U * F]$$

$$= F_{\text{bar}} * [U_m * (d^* U) * F + d^* F + A * F + (d^* U_m) * U * F]$$

$$= F_{\text{bar}} * [(U_m * (d^* U) + (d^* U_m) * U) + d + A] * F$$

$$= F_{\text{bar}} * (d+A) * F$$

bei uns:

$F_{\text{bar}} * (d+A) * F \rightarrow F_{\text{bar}} * U_R_m * [d + U_R^* A * U_L_m + U_R^* (d^* U_L_m) + U_L^* (d^* U_R_m)] * U_L * F$

$$= F_{\text{bar}} * U_R_m * [(d^* U_L) * F + U_L^* d^* F + U_R^* A * U_L_m * U_L * F + U_R^* (d^* U_L_m) * U_L * F + U_L^* (d^* U_R_m) * U_L * F]$$

$$= F_{\text{bar}} * [U_R_m * (d^* U_L) * F + U_R_m * U_L^* d^* F + U_R_m * U_R^* A * F + U_R_m * U_R^* (d^* U_L_m) * U_L * F + U_R_m * U_L^* (d^* U_R_m) * U_L * F]$$

$$= F_{\text{bar}} * [U_R_m * (d^* U_L) * F + U_R_m * U_L^* d^* F + A * F + (d^* U_L_m) * U_L * F + U_R_m * U_L^* (d^* U_R_m) * U_L * F]$$

$$= F_{\text{bar}} * [U_R_m * (d^* U_L) + U_R_m * U_L^* d + A + (d^* U_L_m) * U_L + U_R_m * U_L^* (d^* U_R_m) * U_L] * F$$

Problem ist: der Term  $F_{\text{bar}} * d^* F = (1,3) * (3,1) = (3,3)$  ist kein Singlet!!!!

obwohl (1,3) und (3,1) zueinander c.c. sind???



$$f(r_{ij}) \{ S(i) S(j) - 3 [S(i) \cdot r_{ij}] [S(j) \cdot r_{ij}] / r_{ij}^2 \}$$

$i > j = 1, 2, 3, 4$  mit 4fakultät=24 Termen

wie ist es mit Spin-Bahn?  $S(i) [r(j) \times p(j)] = S(i) L(j)$

wenn sich die  $S(i)$  nicht ändern, müsste  $f(r_{ij})$  die Energieveränderung bestimmen, aber wie? Vielleicht ändert sich  $S(i)$  – für jede Mode eine Schwingung?

Solche Änderungen können nur dann starke Effekte haben, wenn die magn Energie sehr groß gegen die Phinon-Energie ist.

all diese WW sind klassisch sehr schwach und erklären nicht den Ferromagn. sondern dazu braucht man die qm Austausch-WW

Ich weiß gar nicht, ob Spinvektoren die Energie aufbauen, oder besser das Higgs  $H = UR^*(DL, UL)$  und seine  $H^{**4}$ -Kopplung zu wählen ist.

Ergibt sich aus NJL, was ja eine angepasst sigma-gamma5-WW ist.

Hier fehlt dann aber eine Ortsabhängigkeit, neben dem Propagator, also  $\exp(-M^*r)/r$ , im Minkowskiraum. Wie sieht aber die Ortsabhängigkeit im Innenraum aus? Doch mit einem  $f(r_{ij})$  vor den NJL-Termen? *wie sieht die ortsabhängigkeit bei den austauschtermen aus?*

Wie modifiziert die  $H^{**4}$ -WW die Phinon-Moden? Wenn alles nur Phinonen wären, müsste man laut Dove effektive Frequenzen  $w^{**2} - wH^{**2}/\dots$  haben, die sich aus der Verschiebung des Gitters ergeben. Hier verschieben sich alle Moleküle über dem Minkraum???

$$H = UR^*(DL, UL) = (UR^*DL, UR^*UL) \text{ mit } H^{**2} + H^{**4}$$

zu vergleichen mit

SPINVEKTOR  $S =$  und  $S^*S + (S^*S)^{**2}$  bei Magnetisierung  
 $(Ubar, Dbar) * sig1^*(U, D)$

$$, (ubbar, dbar) * sig2^*(u, d)$$

$$, (ubbar, dbar) * sig3^*(u, d)$$

$$= (Ubar^*D +- Dbar^*U, I^* \dots, Ubar^*U - Dbar^*D)$$

wie wirkt sich  $URbar^*(DL, UL)$  auf innere aus, wo kein bar beiteiligt ist?

doch die arbeit über lorent supercond - *aber supercond haben 2 Elektronerzeuger und deren lorentzerweiterung passt dann nicht doch besser antiferro+NJL lorentzerweitern*

braucht man ein  $Fbar^*Gammue^*F$  mit inneren  $Gammue$ ?

zum Vergleich: elektron-positron mit Photon aus  $ep^*gammue^*em$   
 führt zu ep-em-photon-Vertex und Abstoßung von em-em  
 und Anziehung von em-ep

passt wahrscheinlich zu: 1) *anziehung bei ep^\*em, wenn spins parallel*

es gibt nur  $epL^*emL + epR^*emR$  im Strom  
 aber das ist nicht dasselbe wie Spins parallel

2) *anziehung von em^\*em, wenn spins antiparallel (wie bei Cooper und Antiferro)*

aber in der em-em-Streuung hat man immer gleiche Vorzeichen unabhängig vom Spin, also immer Abstoßung

ist 1) und 2) das äquivalent, wenn es eine T und C symmetrie gibt?  
 nein, denn  $em^*em$  geht unter C zu  $ep^*ep$

wie ändert sich der spin in elektron positron vernichtung?

**up und down sind die beiden Richtungen im isospinraum,**

entweder charakterisiert vektoriell durch 001 und 00-1 oder spinoriell durch 01 und 10

das Higgsdublett bevorzugt 10 gegenüber 01  
Dennoch gibt es die down-Richtung 01 weiterhin  
und entspricht innen gedrehter Zeitumkehr

aber wieso soll es dann SU2L sein? da von den beiden Grundzuständen einer  
innen-chiral rechts und einer innen-chiral links ist  
→ der SU2-Limes darf nur ein SU2L-Limes sein

Man verbindet nur mit T die beiden innen-chiralen Zustände  
T gehört aber nicht zur SU2, die dann eine SU2L sein kann  
Hingegen TP ist eine Symmetrie des Systems und belässt die Chiralität

**NUR WEIL TP DIE ZEITINVARIANZ ERSETZT, KANN MAN EINE SU2L HABEN**

Man muss wohl die Spins und die Tetraederpunkte auf einer Sphäre mit Radius ungleich 0  
anordnen. Auf jedem Punkt der Sphäre sitzt ein Spinvektor und deutet **zentral** nach außen.  
Dies ist ein chirales System, auf dem eine SU2L wirkt, indem sie niemals einen Spin nach  
innen dreht. Letzteres leistet nur die Zeitumkehr. Was die SU2L macht, ist, den Spinvektor  
am Nordpol in den entgegengesetzten Spinvektor am Südpol zu transformieren, mittels ei-  
ner TP-Trafo mit  $\det=+1$ . P transformiert den Nordpolpunkt in den Südpolpunkt, und die an-  
schließende Zeitumkehr dreht noch den Spinvektor um. Denn die Parität allein, wo alle 3 Ko-  
ordinaten das Vorzeichen wechseln, lässt einen Pseudovektor ungeändert. TP gehört dem-  
nach zur SU2L!!!???

Dies ist genau die SU2, die dafür sorgt, dass die Tetraedermoleküle bzgl Minkowskiraum  
aligned sind. (Aber  $\det=1$  enthält immer nur eigentliche Rotationen, die einen Pseudovektor  
wie einen Vektor behandeln.)

Im SU2L Limes kann man up und down auseinander erzeugen, indem man eine Schwingung  
des Nordpolvektors mittels TP in eine Schwingung des Südpolvektors überführt.

Der VEW  $\langle tR\bar{t}L \rangle$  beschreibt das Alignment von 2 inneren Spins t, und ist das relativisti-  
sche Analogon zu Cooperpaar  $\langle c+ c- \rangle$ . (nb: R und L bezieht sich auf Minkraum) Frage: sind  
hier 2 Punkte im Minkraum involviert, oder nur einer?

genaue Definition der SU2L:  $S_i(e) \rightarrow O_{ij} S_j(Oe)$ , wobei e ein Punkt auf der inneren Sphäre und  
O eine SO3-Trafo. Zu O gehören 2 SU2L Matrizen U, die den 2er-Spin in vecS drehen. Aber  
das ist genau das Trafoverhalten eines Spinors  $F(x) \rightarrow UF(Ox) = F'(x')$ . Nein falsch, denn es ist  
laut Lehrbuch  $F'(x') = (UF)(x)$ , dh man nehme am Südpol x' das um U gedrehte Teil, was am  
Nordpol war.

-

T+Ts zur Multiplikation in der Charaktertafel ist eine gute Idee, wenn man gleichzeitig die  
Spinvektoren variiert und die Punkte, auf denen sie sitzen (kombinierte Magnonen und  
Phononen?) Man kommt dann mit nur einem Tetraeder mit 4 Atomen aus, denn man hat  
dann  $6 \times 4 = 24$  Zustände.

-

Warum sind A und As im SU2L Limit ein Dublett

A ist die totalsymmetrische Punktschwingung (collective breath)  $\text{vecR}_i = \exp(i\omega t) \text{vecR}_{i0}$   
mit gleicher Frequenz  $\omega$  für alle 4 Tetraederpunkte  $i=1,2,3,4$

As ist sowas ähnliches, nur dass man bei TP (Austausch 2er Spinvektoren) ein Vorzeichenwechsel kriegt  $\text{vecSi} = \exp(iwt) \text{vecSi0}$  für einen Tetraederpunkt und  $\text{vecSj} = -\exp(iwt) \text{vecSj0}$  für den Punkt j hat

(es kann sein, dass das - Zeichen wg der Pseudovektorproperty der Spinvektoren wieder wegfällt. Dann würden auch die Spinvektoren breithen - oder gemeinsame Kreise vollführen? Auch die Ortsvektoren könnten gemeinsame Kreise vollführen bei A, das hängt wohl von der Art der wirksamen Kräfte ab)

Betrachte also  $\text{vecSi} = \exp(iwt) \text{vecSi0}$  mit nur einer Frequenz w

Beim 8er-System 2 entgegengesetzte Spinvektoren  $S=(001)$  und  $(00-1)$  (o.E. auf Nordpol und Südpol) die gleich oder gegenphasig schwingen?

also  $(\text{Acos}(wt), \text{Asin}(wt), 1)$  und  $(\text{Acos}(wt), -\text{Asin}(wt), -1)$  - ist das wirklich gegenphasig? TP Vorzeichenwechsel oder nicht?

wie sehen die f aus mit  $(\text{Acos}(wt), \text{Asin}(wt), 1) = f \text{star} \text{vecsig} f$

$f1=(0, \exp(iwt))$  und  $f2=(\exp(iwt), 0)$  so ähnlich könnte das gewünschte Dublett aussehen???

-

Erkenntnisse:

1. P bedeutet bei S4 die Spiegelung an einer Ebene und war in meinem alten S4-Model gerade  $\leftarrow \rightarrow$  ungerade die Ursache der schwachen SU2. Im magnetischen Modell spielt das Produkt TP diese Rolle. Im SU2L symmetrischen Limit, dh auf der Sphäre spielt dann die normale Parität  $\text{vecx} \rightarrow -\text{vecx}$  die Rolle von P.
2. die eigentliche Symmetriebrechung besteht darin, dass die Spins in Nachbarmolekülen parallel sich ausrichten. Jedoch muss das gleichzeitig mit der Bildung der  $A4+T(S4-A4)$  passieren, da es sonst nicht die gewünschten Paare gibt. Der symmetrische Limes ist also der, wo alle Spins beliebig drehbar sind.
3. A und As sind TP Paare, und dies ist eine exakte Symmetrie. Vor der Brechung sind auch T, Heisenberg-SU2 und S4 Symmetrien. Und es gibt auch eine L-R-Symmetrie, weil die Heisenberg-SU2 von Natur L-R-symmetrisch ist. Bemerkung: ich betrachte jetzt nur SU2L, die die Chiralität des Zustandes ungeändert lässt, also TP statt P!
4. Ist dieser Limit, wenn die beiden 4er Tetraeder zusammenfallen? Nein, sondern es sind alls Spins frei drehbar. Neuerdings untersuche ich Zustände wo der chiral ausgerichtete Tetraeder gegen einen benachbarten frei drehbar ist, aber die nach außen gerichteten Spins in einem Tetraeder sind fix.
5. Kann man das 8er-System auf 2 verschiedene Raumpunkte verteilen? Beim Higgs-VEW betrachtet man ja auch 2 benachbarte Raumpunkte. Es gibt dann Tetraeder-Paare, wo die Spins parallel stehen und wo sie antiparallel stehen. Die Magnonen des einen bilden die up-types, die Magnonen des anderen die down-types.

TP hat  $\det=1$ . Könnte man es als Element einer SU2 interpretieren, dann würde bei Brechung  $SU2 \rightarrow TP$  ein Dublett in  $A+As$  etc aufspalten. Allerdings wirkt TP zunächst als  $3 \times 3$ -Matrix auf die Spinvektoren S. Es gibt aber auch eine Wirkung auf die zugehörigen Spinoren. In diesem Bild ist also die SU2, die gebrochen wird, eine SU2, die eine Spiegelung des Tetraeders mit einbezieht, nicht nur eine reine Drehung eines Spinvektors. Es ist eine innen-chirale SU2. Aber was ist mit den anderen SU2, wo nur ein Spinvektor gedreht wird und an seinem Platz bleibt? Bleiben sie ungebrochen? Antwort: Sie involvieren Übergänge zwischen Zuständen verschiedener Chiralität, an denen wir nicht interessiert sind.

da die Higgs-VEW Dubletts sind und  $(1,0) \rightarrow (0,1)$  die Richtung des Vakuums vollständig ändern, sind eigentlich die Dubletts  $eL=(1,0)$  und  $\nu eL=(0,1)$  auch vollständig in Richtung der beiden Vakua. Das ist ein Argument, für 2 4er-Tetraedergrundzustände statt einem 8er.

Es muss dann gezeigt werden, dass die beiden Tetraeder als die beiden Zustände  $\pm 1/2$  einer SU2 aufgefasst werden können. Dies ist klar, weil sie sich gleichzeitig drehen sollen und für jeden der 4 Einzelspins dies so ist.

Einwände gegen das 2-Grundzustandsmodell: es ist schwierig, im ganzen Kosmos bei W-Austausch alle Spins zu flippen. Es könnte höchstens 2 Arten von Grundzuständen im Kosmos geben, die immer nebeneinander liegen, und der VEW unterscheidet sie nicht. W-Austausch ist auch eher wie TP als wie T

es ist klar, warum  $T_3(SU_2 \text{Heise}) + Y(U_1 \text{charge})$  nicht gebrochen wird: weil es auf dem Higgsfeld die Form einer Matrix  $(10,00)$  hat und diese den VEW  $(0,1)$  invariant lässt

2 Vakua: 4 Teilchen innen zeigend  $A_4 + S(S_4 - A_4)$  mit 12 Anregungen  $A + A' + A'' + 3T$ ???

dasselbe außen, wiederum  $A_4 + S(S_4 - A_4)$

innen und außen Zeiger durch S verknüpft bzw Reflections

auch die Anregungen sind wahrscheinlich durch S verknüpft

also A und SA etc --- verhält sich so ein magnetisches SU2 Dublett, da es durch Zeitinvarianz verknüpft ist???

nb: Dublettvektoren  $(1,0)$  und  $(0,1)$  gehen durch  $\tau_1 = (01,10)$  ineinander über

andererseits weiß man, wie sich ein Spinvektor  $(S_1, S_2, S_3) \rightarrow$  overallminuszeichen unter T verhält. Passt das zusammen?

SEHR GUT AUS WIKI "T-Symmetrie":

a symmetry operation S of a Hamiltonian is represented, in quantum mechanics either by a unitary operator,  $S = U$ , or an antiunitary one,  $S = UK$  where U is unitary, and K denotes complex conjugation. These are the only operations that acts on Hilbert space so as to preserve the length of the projection of any one state-vector onto another state-vector.

$S^* \chi S^{**}(-1) = \chi$  aber  $S^* p S^{**}(-1) = -p$  und  $S^* J S^{**}(-1) = -J$  für Drehimpuls J

For a particle with spin J one may choose  $S = \exp(-i\pi J_y) * K$  also bei uns  $J_y = \tau_2$   
Aus der Formel kann man ableiten, wie S auf den Spinor  $(1,0)$  wirkt, macht ihn tatsächlich zu sowas wie  $(0,1)$ .

Kann man also sagen, Zustände A und SA bilden immer Su2-Dubletts???. Nur wenn  $S^* S = -1$ .  
Problem: Mignonen sind bosonische Quasiteilchen, wie können sie Komponenten eines Fermions werden? Im SU2-Limit???

nb: S ist eine antiunitäre Z2-Symmetrie und  $S^* S$  kann nur +1 oder -1 sein (im Gegensatz zur Parität, wo  $P^* P$  eine Phase sein kann)

Wenn  $S^* S = +1$ :

Quantum states that give unitary representations of time reversal are characterized by a multiplicative quantum number, sometimes called the T-parity.

Wenn  $S^* S = -1$ :

Let A und SA be two quantum states of the same energy.  $S^* S = -1$ , then one finds that the states are orthogonal: a result called Kramers' theorem. This implies that if  $S^* S = -1$ , then there is a twofold degeneracy in the state. [This result in

non-relativistic quantum mechanics presages the spin statistics theorem of quantum field theory.(dass halbzahlige Spinteilchen immer antisymm Wellenfunktion haben)]

Heisenberg SU(2) ist unabhängig von der A4, zu der QCD wird. Daher können A und As, die Singlets bzgl der inner-räumlichen A4 sind, durchaus ein Dublett bzgl Heisenberg SU2 definieren. Aber wie genau? Die Spinvektoren sind keine Dublets, aber sie basieren gemäß  $S = \psi^* \text{vectau} \psi$  auf Dubletts ( $\psi_+, \psi_-$ )

Für einen der Aufpunkte sei der Mittelwert des Spinvektors  $\psi_+$  (nach außen zeigend)  
 Durch innere time reversal S wird er  $\psi_-$  (Kombi SP belässt ihn. Allerdings SPAs=-As)  
 Aber auch durch die Wirkung der Heisenberg SU(2) wird er gedreht

-

T verwandelt  $A = \exp(i\omega t)$  gleichmäßige Schwingung aller Spinvektoren um  $\psi_{\text{plus}}$ -Ausgangslage in eine gleichmäßige Schwingung aller Spinvektoren um  $\psi_{\text{minus}}$ -Ausgangslage

Auf jeden Fall wirkt die Matrix  $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$  mit  $\det = -1$  als Vertauscherin von  $\psi_{\text{plus}}$  und  $\psi_{\text{minus}}$  und in Zusammenhang mit  $\tau_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$  wird dabei der Spinvektor umgedreht. Dies entspricht wohl einer Paritäts-trafo.

Dagegen A und As gehen beide um die  $\psi_{\text{plus}}$ -Ausgangslage.

Allerdings sind bei den 8 Teilchen 2erpaare, die symmetrisch sind unter Vertauschung-mal-T, also wenn man sie vertauscht ist es dasselbe wie eine T-Operation.

Auch die SU2 wirkt ja auf  $\psi_{\text{plus}}$ =Einheitsvektor  $e_1$ :  
 $e_1 \rightarrow u_{11} e_1 + u_{12} e_2$

It is then straightforward to construct the Standard Model Higgs doublet field H similar to the way it is done in technicolor models\cite{techni}, namely as a composite of the form

$$H = \bar{\psi}_R^+ \text{Vektor} ( F_L^+, F_L^- )$$

with a condensate

$$\langle \bar{\psi}_R^+ F_L^+ + \bar{\psi}_R^- F_L^- \rangle \approx \Lambda^3$$

where  $\Lambda$  is the characteristic energy for the mass gap of the symmetry breaking.

\*\*\*ACHTUNG: F ist ein 7-dim Fermion und hat daher wahrscheinlich eine andere Dimension!!!

**ursprünglich eine Heisenberg SU2, die gleichzeitig für links und rechtshändige gilt.**

[bedeutet nur, dass sowohl das fundamentale Fermionfeld  $F(LR,+)$  innen eine SU2-Symmetrie hat (+ und -) als auch die inneren Spinvektoren  $S = \bar{F} \text{vectau}(+,-) F$  oder besser  $f_{\text{kreuz}} \text{vectau}(+,-) f$  mit dem inneren Fermionfeld  $f$  auf den Sites des Gitters beliebig gedreht werden können – dh die WW der inneren Spinvektoren wird vernachlässigt. Dabei bleiben die Sites des inneren Gitters fest.]

**Durch die Deformation des Gitters von ursprünglich kubisch zu tetrahedral werden die rechtshändigen Teilchen/I-Spins daran gehindert, an der schwachen WW teilzunehmen, die wg der Heisenberg SU2 zwischen Zuständen A und  $A_S$ , T und  $T_S$  etc wirkt.**

[Dies kommt aufgrund der Oktonionbindung von innen und außen zustande, wie in meiner großen Arbeit beschrieben. R und L bezeichnet die Chiralität im äußeren Raum.]

**Aber A und  $A_S$  sind Bosonen und können eigentlich kein SU2-Dublett aufspannen? Dazu später mehr.**

**Die Heisenberg SU2 ist dann de facto eine SU2L, und im SU2-Limit sind die Zustände  $(A, A_S)_L$  innere Dubletts und  $A_R$  und  $A_{S_R}$  innere Singlets.**

**Dasselbe gilt auch für das fundamentale Fermionfeld F, das sich ebenfalls mit dem chiralen Gitter arrangieren muss:  $(F_+, F_-)_L$  bleibt Dublet, aber  $F_{+R}$  und  $F_{-R}$  werden Singlets.**

**Daher kann man das Higgs wie folgt konstruieren:  $Higgs = \bar{F}_{+R} \times (F_+, F_-)_L$**

[Sein Vev bricht die SU2L. Jedoch hatte ich anschaulich erwartet, dass die SU2 durch die radiale Ausrichtung der Spins gebrochen wird, also Magnetisierung wie beim Ferromagnetismus oder  $F(+)F(-)$  wie bei Supraleitung. So ein Produkt plus-mal-minus steckt ja auch in der obigen Formel, aber eben noch mit den richtigen SM-Quantenzahlen.]

**$WZ = (\bar{F}_{+R}, \bar{F}_{-R})_L \times \gamma_\mu \times (F_+, F_-)_L$  aufbauend auf den Magnonzuständen  $A \times A_S$  oder  $T \times T_S$ , aus denen sie entstanden, also A-Magnon gebildet von einem  $\bar{F}_{+R}$  und  $A_S$ -Magnon gebildet von einem  $F_L$**

**Da WZ bzgl innen ein Triplet werden soll, muss wahrscheinlich noch eine tau-Matrix  $\text{vectau}$  dazwischen**

**$gluons = \bar{F} \times \gamma_\mu \times F$  ist es egal, ob R oder L, da nicht vom deformierten Gitter tangiert wird, denn es wird aufgebaut rein aus den Zuständen, die eine T-Darstellung respektieren.**

**Eichmodell und auch 4-fermion-Modell in 8 Dimensionen untersuchen:**

**$F \not{D} F$  oder  $(F \Gamma F)(F \Gamma F)$  mit  $F = (f, g)$  oder  $F = f \alpha$ ??? Nur falls letzteres erfüllt, kann man faktorisieren. nb: NJL-Modell scheint ohne Gamma-Matrizen, reine Massenterme**

-wie läuft die SSB für ein radial-symm Brechung? mit Skalar?

-sind nicht 2 Grundzustände mit je 4 Teilchen besser? Nein, in der Physik fängt man mit EINEM Grundzustand an, sonst könnte man gleich 24 Grundzustände für  $S_4$  nehmen

kann die Paarung der 2 Tetraeder an benachbarten Raumpunkten, also die Cooperpaar  $\langle c_a c_b \rangle$  die Symmetriebrechung verursachen? Wie bricht man radiale Symmetrie? Die c-fermion erzeuger bilden ja ein Dublet



achtung: higgs ist effekt benachbarter Kristalle - fermion-antifermion zb  $b\bar{b}$  bei Bardeen. ABER: auch bei Magnet und Supraleitung ist der Ordnungsparameter ein Bilinear!!!!

aus Vortrag:  $c_k \text{kreuz}^* \text{sigab}^* c_b$  (Magnet) vs  $c_{up}^* c_{down}$  (Supraleitung)

bei uns sind up und down die Isospins, zb b und t  $\langle t_R^*(b_L, t_L) \rangle$ . Dann muss die ursprüngliche Punktgruppe 6dim Darstellung haben? Oder wir sagen  $t_R^*(b_L, t_L)$  entspricht  $3 \times 3$  und darin ist ein Singlett von  $A_4$  enthalten oder wir nehmen neutrino und electron. Antwort: Am besten wir nehmen die fundamentalen Konstituenten  $c$ !!!

warum ist  $T^*P$  erhalten, aber T und P gebrochen? im Außenraum ist P und C gebrochen, aber T meistens erhalten

**Achtung: wenn es ein Molekül ist, liegt keine SB im engeren Sinne vor (allerdings doch für das Gesamtsystem über dem Minkowskiraum).**

**$SU(2) \rightarrow 1$  (meine Konfiguration?) versus  $SU(2) \rightarrow U(1)$  (uniaxiale gerichtete Spinvektoren, nur mit Triplet zu erreichen?)**

Beim Higgs ist das Dublett in eine Richtung gebrochen statt ein Triplet

**$A_4 + T(S_4 - A_4)$  bricht die Zeitumkehr (T ist nicht Element jener Gruppe!) und lässt die T-Partner unterschiedliche Masse haben. Daher muss unsere Symmetriebrechung mit der lokalen Symmetriebrechung im SM eng zusammenhängen. Außerdem: die Heisenberg- $SU(2)$  sieht sehr nach Isospin aus. Trotzdem: dass Heisenberg- $SU(2)$  direkt gleich  $SU(2)_L$  und  $U(1)$  die lokale  $U(1)_{em}$  ergeben soll, muss aufgegeben werden, da  $SU(2)_L$  eine effektive Symmetrie auf Ebene der Mignonen ist. **Außerdem setzt  $SU(2)_L$ -Brechung die Paritätsverletzung durch  $A_4$  bereits voraus.****

Frage: kann man bei Dubletts als Ordnungsparameter  $3N$  bosonische Spinanregungen haben? Spinschwingungen können existieren ganz egal ob der Ordnungsparameter Dublett oder Triplet ist!

Wir haben zB 3er Multiplets  $T(q_1, q_2, q_3)$  von Mignonen, auf die  $3 \times 3$ -Matrizen der  $A_4$  als Teilmenge der  $SO(3)$  wirken. Da im inneren Kristall eine eigene Zeit läuft, gibt es Antiteilchen und man hat also komplexe  $(q_1, q_2, q_3) \sim \exp(iws)$ , also  $SU(3)$  bzw eine Teilmenge davon. Man hat das an jedem  $x$ -Punkt, also eine lokale Symmetrie. Aber wie genau ist die Struktur der Gluons?

vor der magnetischen Brechung sind die Moden  $A(e)$  und  $A_i(nue)$  entartete T-Paare, die sich durch eine  $Z_2$  als Teilmenge einer  $SO(2)$  ineinander transformieren. (oder gleich kontinuierlich wegen der Heisenberg  $SU(2)$ ?) Wegen Antiteilchen wieder  $SU(2)$ , und zwar  $SU(2)_L$  wegen PV.

Kein Phasenübergang an einem Punkt, sondern A4 entsteht aufgrund der Paar-WW (und kippt dann über den gesamten Minkowskiraum um mittels Interkristall-WW). Die Paar-WW ist SU2-symmetrisch, aber der Grundzustand nicht. Oder: im Grenzfall kleiner Paar-WW hat man die SU2 als Symmetrie. Frage: Das Heisenbergmodell ist SU(2) invariant, dh das Molekül ist vor der Brechung so, dass es ihm egal ist, wenn alle Spins gleichzeitig rotiert werden? *Gilt eigentlich nur für Paramagneten mit sehr vielen Spins – also das Gesamtsystem aller Kristalle über den gesamten Minkowskiraum betrachten.* (wo auch der Vibronwellenvektor spielt), d.h. durch INTERkristallinen Kräfte (zusätzlich zu den INTRAkristallinen) wird die A4-Struktur auf einen Schlag gemeinsam erzeugt. **Es gibt jedoch keine Interkristall-Magnonen, da Magnetisierung immer nur in die 3 Dimensionen des inneren Raumes zeigen kann.**

SM-Symmetriebrechung: Geht erst in einem zweiten Schritt, wo PV erfolgt ist und man mit (im Außenraum) chiralen Feldern arbeiten muss.

Das Higgs ist wie die Vektorbosonen wahrscheinlich ein Effekt benachbarter Kristalle von Teilchen und Antiteilchen – aber das trifft dann wohl auch auf die Diracmassenterme zu???

Beim SM-Higgs sind nicht Triplets  $f^* \text{vec}(\sigma) f$ , sondern chirale Dubletts die Kondensate. Aufgrund von Magnon-Antimagnon-Kondensation, also Kondensation der Quarks und Leptonen, wie bei Top-Kondensat-Modellen  $\langle \bar{t} t \rangle$  ohne  $\text{vec}(\sigma)$  genommen (mit  $1-\gamma_5$  angereichert wg PV durch A4). Daher ist nicht ein Magnetisierungsvektor der Ordnungsparameter, sondern Kombination  $\langle + - \rangle$ , wobei + und – die beiden Isospinrichtungen sind. NB:  $\bar{t}$  und  $t$  haben ja auch entgegengesetzte Isospins.

## Landau Theory of Phase Transitions

**Order Parameter:** A local observable, non-zero in one phase and zero in all others

Example: Electron Hamiltonian in metal

$$\mathcal{H} = \int d\mathbf{r} c_{\alpha}^{\dagger}(\mathbf{r}) [-\nabla^2/2m] c_{\alpha}(\mathbf{r}) + \mathcal{H}_{int}$$

• Superconductor

$$\psi(\mathbf{r}) = \mathbf{c}_{\uparrow}(\mathbf{r}) \mathbf{c}_{\downarrow}(\mathbf{r})$$

• Ferromagnet

$$\mathbf{S}(\mathbf{r}) = \mathbf{c}_{\alpha}^{\dagger}(\mathbf{r}) \boldsymbol{\sigma}_{\alpha\beta} \mathbf{c}_{\beta}(\mathbf{r})$$

Landau-Ginzburg-Wilson “Free energy” functional:

$$\mathcal{H}_{LGW} = \int d\mathbf{r} [|\nabla\psi|^2 + r|\psi|^2 + w\psi^4 + \dots]$$

**Kramers-Doublets sind was anderes als T-invarianz-Doublets:** Entartung durch Überlagerungsgruppe wg halbzahliger Spins und Effekten von Spin Orbit. Spin-Orbit spielen ja auch bei der Orientierung der Magnetachsen eine Rolle

**A4+T\*(S4-A4): innere P-Brechung könnte man auch explizit zu zeigen versuchen. Es sind nur Spiegelungen E an Ebene (haben auch det=-1) wobei TE erhalten ist, da die volle innere Parität von vornherein nicht gegeben ist bei der Geometrie des Moleküls. Ist einen Schritt vorher innen gebrochen, wie auch vor der Brechung der SU2L eine Brechung der Parität liegt???**

Rolle von Pauliprinzip (Bosonen können im gleichen Zustand sein) und Hundregel (es werden immer zuerst Zustände gleicher Energie mit einem einzigen Spin aufgefüllt)

**es gibt auch Triplet-Cooperpaare und Triplett-supraleiter, aber das SM-Higgs ist ein Dublett und t und tbar haben wahrscheinlich entgegengesetzten Isospin!!! also doch antiferro!**

Normale supraleitung: cooperpaare durch phononaustausch. Dort gibt es das was schwingt (Ionen) und das was mit den Schwingungen wechselwirkt (Elektronen). Dies könnten wir auch haben im PhInon-modell haben!? Dann kämen wir ohne Magnetismus aus. Aber SU2 und T sind gute Argumente für Magnetismus.

für 4 Magnete in der Einheitszelle hat man nicht 12 Zustände einer einzigen Gruppe, sondern für jede Grundstruktur eine eigene magnetische Symmetriegruppe. Es geht zuerst darum, die magn Gruppe der Grundzustandsstruktur festzulegen, nach deren Darstellungen sich später die Anregungen transformieren. Früher hatte ich ein Modell mit 2 ineinander gesetzten Teraedern, die sich bei jedem Teilchenstreuprozess neu zusammensetzen und wo sich die Strukturen durch eine S4 ineinander transformierten (statisches Modell). Das sind dann 24 verschiedene Grundstrukturen, und die Quarks und Leptonen gehen via  $|i\rangle = g_i |electron\ neutrino\rangle$  auseinander hervor.

### **Higgs ist wie Cooperpaar VS Higgs und Magnetisierung**

-Das U(1)-Magnetfeld dringt in den Supraleiter ein und erhält eine eff Masse  
-die Ginzburg-Landau-Theorie beschreibt ohne Rekurs auf Cooperpaar, wie durch den Meißner-Ochsenfeld-Effekt Magnetfelder aus supraleitenden Metallen herausgedrängt werden.

Ein Ordnungsparameter=Skalarfeld phi, der kovariant ans U(1)-Magnetfeld koppelt und bei der Brechung auch eine Feldkomponente hat

**-Die spontane Symmetriebrechung hätte nach dem Goldstonetheorem die Existenz masseloser Goldstonebosonen zur Folge. Das Goldstonetheorem lässt sich jedoch nur auf GLOBALE Symmetrien anwenden.**

Die Brechung lokaler Symmetrien dagegen wird mit dem Higgs-Mechanismus (gleich Verallgemeinerung von Ginzburg aber für nichtabelsche Theorien dh SU2→U1 statt U1em=SO2→Linie)

beschrieben, nach welchem bei den W- und Z-Eichfeldern (in der Theorie der Supraleitung beim Magnetfeld) keine Goldstonebosonen auftreten, weil diese in lomg Moden absorbiert werden. Stattdessen erscheint das Higgs-Feld (in der Theorie der Supraleitung das Kondensat)

als longitudinaler Polarisationsfreiheitsgrad (in der einfachsten Technicolor Version gibt es kein Higgs) mit einem von null verschiedenen Vakuumerwartungswert  
Ideen in der Literatur: WW-Paar oder ttbar-Paar

-bei mir ist lokal der Effekt die Brechung einer (lokal) globalen SU2-Symmetrie, die sich aus dem ursprünglichen Durcheinander/Paramagnetismus der 4 Spins ergibt, und die Goldstonebosonen sind 3 der Magnonen = quarks und leptons, und das Higgs ist lokal konstanter Ordnungsparameter, wird erst durch die Variation des Basisraumes zum Feld. Es ist dann die Gesamtordnung=parallele SUrichtung in allen inneren Räumen auch noch wichtig

PROBLEM: kann man bei einem Molekül auch von der SU2 auf Ebene brechen???

-----

wähle einfach Higgs-Dublett statt Magnetisierungstriplett als Ordnungsparameter.  
Higgs generiert evtl sekundär ein M via  $M = \phi \cdot \sigma \cdot \phi$ , da es im Innenraum ein Spinor ist  
[Higgs triplet, das man dann direkt mit M identifizieren könnte?

-aber die Modelle brauchen auch ein Dublett

-wie ist es beim LRSymm Modell? Ebenso]

Problem: wie bekommt man das Higgspotenzial aus  $M^{**2} + M^{**4}$

Antwort: zuerst ist  $f_1^{**2} + f_2^{**4}$ , es ist aber  $f_1 = f_1 \text{bar} + f_2 \text{bar} + f_2$

Problem: wie bekommt man daraus  $M^{**2} + M^{**4}$ , das normalerweise bei  
Magnetsierung wichtig ist?

$M = (f_1, f_2) \text{kreuz } \sigma(f_1, f_2)$

----

ALTERNATIVE: der brechende Bestandteil sind „Cooperpaare“ an  
den 4 Ecken des Tetraeders (bzw Teilchen-Anteilchen des fundamentalen Fermions  
im relativistischen Fall)

Aufgrund der schwarz-weiß Auszeichnung der Cooperpartner muss man eine  
magnetische Gruppe betrachten (zb  $A_4 + T(S_4 - A_4)$ )

Der Ordnungsparameter ist nicht der Magnetisierungsvektor  $M = f_{\text{plus}} \cdot \sigma \cdot f$   
sondern die skalare Größe  $f_{\text{plus}} \cdot f$ . Diese ist Teil des Higgsdubletts, so wie es  
im top-Kondensatmodell gemacht ist. Top ist Teil eines inneren Dublets.

$f_{\text{plus}} \cdot f$  ist ja eigentlich inneres Singlet und  $f_{\text{plus}} \cdot \sigma \cdot f$  inneres Triplet

-----

TOP-KONDENSAT

composite Higgs=(bt,tt). Dadurch ist das Higgs ein SU2-Dublett.

diese Compositeness ergibt sich aus einer zusätzlichen sehr starken NJL-WW  $(qt)(tq)$ , wobei  $q=(b,t)$   
also das top ist irgendwie ausgezeichnet (so wie man beim Antiferro  $L = \mu_1 - \mu_2$  auszeichnet???)

Bei mir: die Fundamentalfermionen sind auch SU2-Dubletts, also  $(b,t) = (f_{\text{up}}, f_{\text{down}})$

Ich bilde jetzt Paare  $(f_{\text{up}} \cdot f_{\text{down}}, f_{\text{up}} \cdot f_{\text{up}})$  und fordere, dass nur  $f_{\text{up}} \cdot f_{\text{down}}$

oder nur  $f_{\text{up}} \cdot f_{\text{up}}$  kondensiert wie bei Cooperpaaren. Genaugenommen ist bei mir  
<up\*down> über den ganzen inneren Raum zu mitteln.

das obige  $f_{\text{plus}} \cdot f = f_{\text{up}} \cdot f_{\text{up}} + f_{\text{down}} \cdot f_{\text{down}}$  ist also nicht ganz das, was man nehmen muss  
die Auszeichnung des rechtshändigen Top in NJL gegenüber dem rechtshändigen b  
entspricht bei mir die Entstehung eines Higgspotenzials aus der WW der Cooperpaare,  
die eine bestimmte Magnetisierung bevorzugen???

-----

DA DIE COOPERPAARE BOSONEN SIND; KANN ES EIGENTLICH KEINE SPINWELLEN GEBEN  
Es sind also keine vollen Cooperpaare im Sinne der Supraleitung, sondern skalare Magnetisierung  
im Sinne des Magnetismus

-----

Welche Higgsterme sind erlaubt bei SU2 und  $A_4 + T(S_4 - A_4)$ ?

$A_4$  könnte die Richtung der Brechung definieren, also die  $l_z, m_z$  Terme in Grimmer-Arbeit  
es sind ja diese Terme, die aus der Anisotropie kommen

DIE NORMALEN TERME OHNE z,x,y SIND AUSTAUSCHTERME

dh HEISENBERGMODELL UND ALSO SU2 invariant

-----

schwarz-weiß Würfel; die weißen und schwarzen Punkte definieren  
je eine eigene Chiralität ==>  $su_2 \times su_2$ ???

im statischen Bild kann man 1+3+9 VB besser erklären,  
indem  $S_4$  durch die Verbindung zu statischer  $A_4$  wird.

COLLINEAR & FASTCOLLINEAR & NICHTCOLLINEAR:

-wenn ich an die  $A_4 + T(S_4 - A_4)$  mit 8 Spins denke,

habe ich Antiferro im Kopf (je 2 Spins heben sich auf - COLLINEAR).

Hier ist die Summe der Magnetisierungen 0 wie bei einem Paramagnet

bzw ungeordneten Phase, jedoch sind die Spins antilinear geordnet, so dass auch zu  $SO(2)=U(1)$  gebrochen wird.  
 Die Magnetisierung eines Untergitters als Ordnungsparameter -für FASTCOLLINEARE Spins kann man auch eine nichtnulle Gesamtmagnetisierung senkrecht zur Hauptachse haben. Diese könnte eine z-Richtung definieren, aber wohl keine spontane Brechung  
 -Frage: Kann man  $A_4+T(S_4-A_4)$  mit 4 Spins haben?  
 Hier würde eine vollständig NICHTCOLLINEARE Konfiguration vorliegen  
 Aber nur 12 Anregungen  
 Achtung: ungeordnet ist auch ein Ferromagnet oberhalb der Curietemperatur

## ZWEIFEL:

black und white setzt eigentlich eine magnetische Achse voraus, wodurch 2 Orientierungen + und - definiert sind. Shubnikovgruppen also weniger für Paramagneten (grey group) und acollinear, sondern für Ferro und Antiferro.

außerdem T-trafos, wodurch + und - ineinander vertauscht.

beim Dublett kondensat statt Magnetisierung sind nicht  $f^* \text{sig} f$ , sondern  $f^* f$  die relevanten Größen, so dass noch nicht einmal klar ist, wie die Zeitumkehr T wirkt.

Wobei aber die Frage ist, ob man das noch als Antiferro bezeichnen kann, wenn der Ordnungsparameter kein Vektor ist. Und ob Shubnikovgruppen überhaupt relevant sind. In Wirklichkeit ist  $(\langle ++ \rangle, \langle +- \rangle)$  gar nicht  $SU_2$  invariant, nur  $SU_{2L}$ . Gelöst, indem wir antiferro Phasenübergang vorschalten.

beim Dublett: an jedem raumpunkt sitzt ein 2dim (komplexer) vektor. für dessen achse, wenn alle gleichgerichtet, kann man + und - definieren.  
 aber welche trafo geht von  $b \leftrightarrow t$  oder soll man besser sagen von  $bt$  nach  $tt$ ? nur bei  $(b,t)^* \text{sig} (b,t)$  ist es die zeitumkehr.

wenn wir nur 2 Richtungen haben, gibt es auch nur 2N schwingungen, und es sind keine magnonen, wo ja die Magnetisierung kreiselt.

**Daher soll man doch bei der 3dimensionalen Magnisierung  $f^* \text{vec}(\sigma) f$  als Observablen für die Spinschwingungen bleiben. Als Ordnungsparameter nimmt man aber den Pseudoskalar, der die Quantenzahlen des Higgsfeldes hat.**

weiteres problem mit dem topkondensat: die bildung  $h = \langle \text{tr}^* q \rangle$  oder  $n_j = (q \text{tr})(\text{tr}^* q)$  kann ich mit  $(f+, f-)$  nicht imitieren, solange ich die rechtshändigen/ $f+$  nicht als singlets habe.

im inneren raum ist  $\phi$  der spinor, also  $\phi^* \text{sig} \phi$  kann die magnetisierung sein!  
 die magnetsierung definiert ein higgs als globale größe im innenraum  
 aber warum kann man es nicht von vornherein als ordnungsparameter definieren?  
 und warum  $m_2+m_4$  statt  $\phi^2+\phi^4$ ?  
 DAS IST ALSO NICHT DIE LÖSUNG

mal genau analysieren, was spinor innen und außen ist  $\phi = (tb, tt)$  spinor innen,  $\phi = (+, -)$  ebenso

außen a4-innen su2-innen

fund f: fermion fermion fermion

(t,b): fermion ? fermion  
 magnon: fermion boson ?

sm-higgs:    boson ?    fermion  
h=(tb,tt):   boson boson   fermion  
h=(f+f+,f-f+)   ?    ?    fermion

m= $\phi^* \sigma \phi$ : ?    ?    boson  
-----

da wir b und t als magnonen interpretieren wollen, also bosonen im inneren raum (aber nur bzgl a4), können sie nicht zugleich ein dublett im inneren raum bilden, also die heisenberg su2 kann nicht direkt mit der su2l identifiziert werden.

**das ist kein Argument, weil die Magnonen b und t sollen Bosonen bzgl A4 sein, könnten aber Dubletts bzgl der Heisenberg-SU2 sein!!!**

es gibt die magnetisierung  $m=f^* \sigma f$  und es gibt das cooperpaar  $f^* f$ .

problem des cooperpaares:

-das cooperpaar ist auch im inneren raum was lokales, und

-es führt nicht zu  $3N=24$  zuständen.

## LÖSUNG DER ZWEIFEL:

die Magnetisierungstriplets=3erVektoren werden von gleichgerichteten Spins gebildet. Vektoren L und M. (Cooperpaare mit gleichgerichteten Spins geben Tripletsupraleiter). Wenn die Spins wie beim Antiferro entgegengesetzt sind, sind die Cooperpaare Singlets wie beim normalen Supraleiter. Man kann vielleicht beides haben: Cooper (ff) und Antiferro (L,M)

die Heisenberg SU2 kann nicht die schwache SU2L sein, sondern jene ergibt sich effektiv aus den T-Paaren als Zeitinvarianzdubletts vor der Brechung der Zeitinvarianz, wie wir ja auch Photon und Gluons effektiv aus endlichen Gruppen haben. Dann hätte man aber gar kein Higgsfeld aus einer Symmetriebrechung!

Trotzdem generiert die Heisenberg SU2 letztendlich die Symmetriebrechung, aber mit einem Magnetisierungstriplet (plus evtl Cooperpaar von den antiferro Paarbildungen). Vor der Brechung sind die Massenterme also  $3 \times 2 \times 2 = M \times Q \times Q$ , wobei Q die Zeitinvarianzdubletts sind.

### TYPISCHE BEHANDLUNG DER SUPRALEITUNG:

Das Metall hat tetragonale Kristallsymmetrie;

dies entspricht der Punktgruppe D4h.

**Zusätzlich nehmen wir an, dass die Spin-Bahn-Kopplung stark ist, so dass Orbit- und Spin-Rotation immer zusammen geschehen, d.h. die Spins sind sozusagen an das Kristallgitter gefroren.**

**(das ist das Gegenteil von dem was man bei Magneten annimmt)**

**BEI MIR SIND DIE SPINROTATIONEN DIE EIGENTLICHEN FREIHEITSGRADE UND ICH HABE IM INNERN KEINE LOKALE U1**

Damit ist die Symmetriegruppe  $G = D4h \times K \times SU2_{\text{heisenberg}} \times U1_{\text{ladung}}$

Die irreduziblen Darstellungen von G entsprechen denjenigen von D4h.

**WENN DIE SPINS BEWEGLICH SIND, HAT MAN ZUSÄTZLICH HEISENBERG SU(2)?**

**SU2 WIRD GEBROCHEN ZU S4 FÜR MEINEN ANTIFERROZUSTAND**

also Dubletts der Heisenberg SU(2) gehen, aber auch unter

der ursprünglichen Punktgruppe D4h, also A4 müssen sie irgendwie transformieren.

$\langle tR^*(bL, tL) \rangle$ . Dann muss die ursprüngliche Punktgruppe

6dim Darstellung haben? Oder wir sagen  $tR^*(bL, tL)$  entspricht

3x3 und darin ist ein Singlett von A4 enthalten

Oder warum nicht von  $A_1 + A_2 + 2E + 3T_1 + 3T_2$ ? was  $E = (\mu, \tau)$  gibt. Aber dann ist besser  $E = (\tau, \nu_\tau)$ , damit es parallel zur Heisenberg-internaltimeinversion-symmetrie geht. Können die Leptonen Higgs-Dublett machen? Aufgrund der Struktur der E-Darstellung kann es weitere Terme  $\eta_x^2 \eta_y^2$  etc