Innere Dynamik des Spins im DSM

Wichtig ist die Erklärung der Additivität von Bahndrehimpuls und Spin und der daraus folgende Erhaltungssatz des Gesamtdrehimpulses. Global werden Änderungen der Stoßfrequenzraumwinkeldichte durch das Standardmodell und die ART beschrieben, was durch die Geometrodynamik (hier nur im Sinn des Wortinhalts verstanden) zusammen gefasst werden kann.
Eine lokale Änderung der Eigenschaften kann im **D**iskreten **S**tandard **M**odell durch Stöße erfolgen und wie in der Standardphysik durch die Ortsveränderungen. Diese werden durch eine Art Geometrodynamik beschrieben, was dabei Eigenschaften ändert, durch Stoßtransformationen.

1. Klassischer Drehimpuls mit Zusammenhalt der Masse

Wir betrachten zuerst eine fest zusammen hängende Masse von m = 1 kg, welche sich um eine feste Achse mit einer Winkelgeschwindigkeit ω = 1 /sec orthogonal bewegt. Den Abstand **r** von der Drehachse denken wir uns in x-Richtung, also von der x-Koordinate abhängig:

$$\mathbf{r}(\mathbf{x}) := \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \text{z.B.} \qquad \mathbf{r}(1) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Die Geschwindigkeit definieren wir als Produkt von Abstand und Winkelgeschwindigkeit, allerdings in y-Richtung:

$$\mathbf{v}(\omega, \mathbf{x}) := \begin{pmatrix} 0 \\ \omega \cdot \mathbf{x} \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \text{z.B.} \qquad \mathbf{v}(1, .13) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.13 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Impuls: $\mathbf{p}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \mathbf{m} \cdot \mathbf{v}(\omega, \mathbf{x})$

Der klassische **Drehimpuls** wird mit Hilfe von Kreuzprodukten beschrieben. Deshalb ergibt sich hier:

$$\mathbf{L}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \mathbf{m} \cdot \mathbf{v}(\omega, \mathbf{x}) \times \mathbf{r}(\mathbf{x}) \qquad (1)$$

Wegen der Symmetrie zur z-Achse vereinfachen wir die Beschreibung durch Ausmultiplizieren des obigen Kreuzproduktes und erhalten:

$$\mathbf{L_D}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \mathbf{m} \cdot \mathbf{v}(\omega, \mathbf{x}) \cdot \mathbf{r}(\mathbf{x}) \qquad (2)$$

Die physikalische Einheit des **Drehimpulses** ist die einer **Wirkung**, also kg m² / s.

Drehende Punktmasse, Ring oder Zylindermantel

Ist z die Drehachse, r ein konstanter Abstand von dieser und ω eine konstante Winkelgeschwindigkeit, gilt:

$$\mathbf{v_B}(\omega, \mathbf{r}) := \omega \cdot \mathbf{r} \qquad (3)$$

Der **Bahndrehimpuls** wird dann (obwohl eigentlich Kreuzprodukt) mit fester Masse m, die als Punktmasse kreisen kann oder in einem massiven Ring oder sogar im Rand eines Hohlzylinders gleichmäßig verteilt ist:

$$\mathbf{L_B}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{r}) := \mathbf{m} \cdot \mathbf{v_B}(\omega, \mathbf{r}) \cdot \mathbf{r} = \mathbf{m} \cdot \omega \cdot \mathbf{r}^2 \quad \text{z.B.} \quad \mathbf{L_B}\left(1, 1, \frac{1}{2}\right) = 0.25 \qquad (4)$$

Mit der allgemenen Formel (1) gilt übrigens auch:

$$\mathbf{L}\left(1, 1, \frac{1}{2}\right) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.25 \end{pmatrix} \quad \text{und dessen Betrag} \quad \left|\mathbf{L}\left(1, 1, \frac{1}{2}\right)\right| = 0.25$$

Aus der allgemeinen Formel ist für den einfachen Fall einer um eine Symmetrieachse kreisenden Punktmasse der entstehende Drehimpuls verständlich. Ein massiver kreisender Ring lässt sich so verstehen, als wäre die gesamte Masse in dem einem Punkt konzentriert. Die Formel enthält ja nur den Abstand von der Achse. Noch mehr verallgemeinert können wir uns auch einen rotierenden Hohlzylinder denken, bei dem das gleich Resultat erzeugt wird. Die innewohnenden Symmetrien erzwingen das. Unberücksichtigt ist die Unwucht, wobei auch auf die nicht berücksichtigte Ursache des Zusammenhalts der Einzelobjekte bei der Drehung hingewiesen werden muss.

drehender massiver Balken (dünner Stab):

Immer noch beschränken wir uns aus Symmetriegründen auf Geschwindigkeitsvektoren in y-Richtung. Jetzt hängen diese aber vom Abstand von der z-Achse ab. In der vereinfachten Formel (2) steht ja diese Abhängigkeit:

$$\mathbf{L_d}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \mathbf{m} \cdot \mathbf{v}(\omega, \mathbf{x}) \cdot \mathbf{r}(\mathbf{x})$$

Der Abstand von der z-Achse soll Werte 0 < x < 1 durchlaufen und mit diesen Werten soll ein Durchschnittswert ermittelt werden. Eingesetzt ergibt sich:

$$\mathbf{L_d}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \mathbf{m} \cdot \omega \cdot \mathbf{x}^2 \tag{5}$$

Durch Summenbildung bzw. durch Integration der kontinuierlich verteilt angenommenen einzelnen Massen mit ihrer vom Abstand von der z-Achse linear abhängigen Geschwindigkeit ergibt sich:

$$\mathbf{M}(\mathbf{m}, \omega) := \int_0^1 \mathbf{L_d}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x})\, \mathbf{dx} \tag{6}$$

$$\mathbf{M}(1, 1) = 0.333$$

ist demnach der Drehimpuls bei genormter Masse und Winkelgeschwindigkeit. Das kann auch mit dem **Steinerschen Satz** gezeigt werden.

voller Zylinder:

Beim Vollzylinder wird die drehende Masse zusätzlich vom Abstand von der z-Achse abhängig. Der obige gedachte massive Balken hat an der Drehachse die Breite Null und diese wird dann proportional zum Kreisumfang beim entsprechenden Abstand U = 2 π r, also folgt, dass der Vollzylinder bei konstanter Winkelgeschwindigkeit die durchschnittliche halbe Masse vom äußeren Umfang bewegt:

$$\mathbf{L_z}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \mathbf{m}(\mathbf{x}) \cdot \omega \cdot \mathbf{x}^2$$

$$\mathbf{L_z}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \frac{1}{2} \cdot \mathbf{m} \cdot \omega \cdot \mathbf{x}^2 \qquad \mathbf{L_z}(1, 1, 1) = 0.5 \tag{7}$$

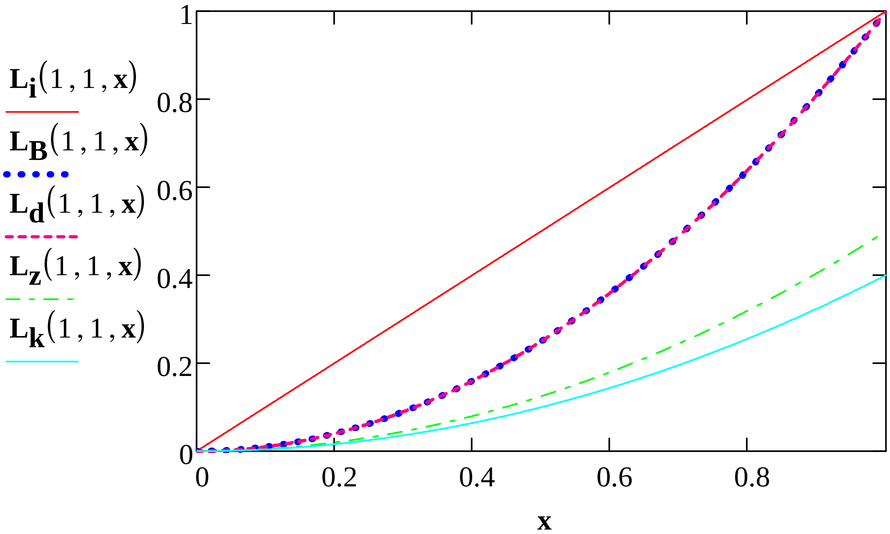
volle Kugel:

Bei der Vollkugel wird die bewegte Masse m(x) noch zusätzlich in z-Richtung verändert. Alle eng zusammen hängenden Elementarmassen besitzen aber immer noch nur die dem Ort entsprechende Winkelgeschwindigkeit. Im tatsächlichen makroskopischen Objekt vorhandene Bewegungen der Moleküle werden durch Mittelwertbildung eliminiert. Am einfachsten wird das über das **Trägheitsmoment** in Kugelkoordinaten gezeigt und führt auf den Drehimpuls:

$$\mathbf{L_k}(\mathbf{m}, \omega, \mathbf{x}) := \frac{2}{5} \cdot \mathbf{m} \cdot \omega \cdot \mathbf{x}^2 \qquad \mathbf{L_k}(1, 1, 1) = 0.4 \tag{8}$$

Für eine klassische Erklärung des Spins käme demnach nur ein voller Zylinder infrage, was aber unbefriedigend ist. Vor allem wäre die symmetrische Wechselwirkung, welche mit der Erzeugung eines magnetischen Moments verbunden ist, schwer vorstellbar.

$$L_i(m, \omega, x) := m \cdot \omega \cdot x$$ unphysikalisch



Satz: Bei Vorbeiflügen bleiben die Relativgeschwindigkeiten unverändert, deshalb bleiben auch (Bahn-)Drehimpulse erhalten.
Bei Stößen bleibt nur der Relativgeschwindigkeitsbetrag erhalten, die Wirkung ist die einer Drehung und daraus folgt u.a. der Spin.

2. Stoßzentrum aus einzelnen diskreten Objekten

Im Gegensatz zu den bisher betrachteten starren Körpern, bei denen der Zusammenhalt der rotierenden Materie nicht hinterfragt wird, muss in der diskreten Erweiterung der Standardphysik dieser Zusammenhalt wegen des Grundmengenaxioms geometrodynamisch erklärt werden.
Das Füllen einer Sphäre mit bewegten diskreten Objekten kann durch Zuordnung von Ortszeit-Punkten zu den zufällig erzeugten Objekten der ortslosen Betrachtung erfolgen. Eine Gleichverteilung und isotrope Richtungen der MB-verteilten Geschwindigkeiten würde dem umgebenden Normalraum entsprechen. Den Bewegungen könnte nun eine Drehung überlagert werden, welche der Drehung einer vollen Kugel entspricht. Das sich ergebende Drehmoment wäre dann aber das der Vollkugel, weil sich die ursprünglichen Bewegungen des Normalraums (Vakuums) weg mitteln lassen.

Betrachten wir die überlagerte Drehung in einem Systemzentrum, das in unserer Kugel einen Bereich auszeichnet, dessen Objekte im Durchschnitt gerade einen Stoßpartner besitzen. Die innere Stoßzone benötigt für eine gewisse Stabilität ein Stoßgleichgewicht und die äußere Zone gegenüber ihrer Umgebung, also dem Vakuum, auch. In beiden Fällen müssen demnach die Stoßfrequenzen, also Geschwindigkeitsbetrag mal Dichte oder Geschwindigkeitsbetrag durch freie Weglänge, der Umgebung entsprechen. Das ist auf verschiedene Arten möglich, berücksichtigt werden muss dabei der Hintergrund des Vakuums. Im einfachsten Fall kann ein inneres Stoßzentrum von den diskreten Objekten, welche sich im Stoßgleichgewicht mit der Umgebung befinden, gebildet werden. Dann kann der gesamte Bereich des Systems ladungserzeugend (geschwindigkeitsvektorerzeugend) wirken und einen Spin 1/2 besitzen. In Experimenten kann die Stoßzone fast punktförmig erscheinen.

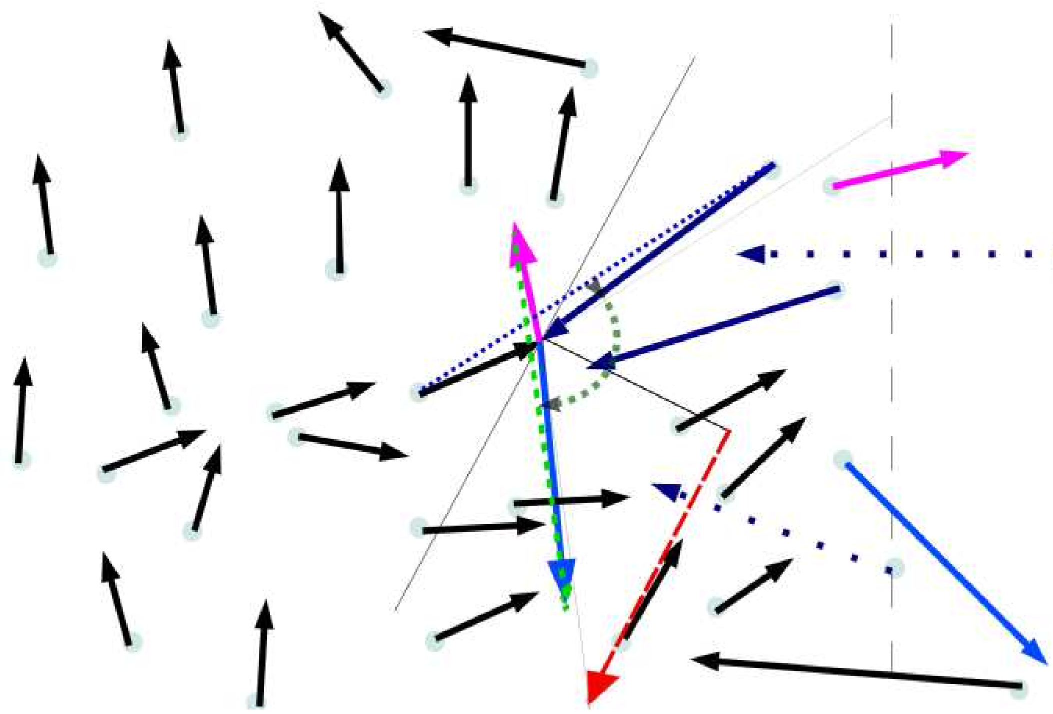


Bild 1

Beschränken wir uns nun auf tatsächlich stoßende Objekte, weil alle anderen als zum Hintergrund (der Umgebung) gehörend interpretiert werden können. Haben wir zur Beschreibung das Ruhsystem der Durchschnittsbewegungen gewählt, besitzen zwei Stoßpartner jeweils von Null abweichende Geschwindigkeitsbeträge. Die Wahrscheinlichkeit des **Winkels der Stoßachse** (dünne durchgezogene Linie) ist zur Richtung der Relativgeschwindigkeit symmetrisch, weil im normalen Raum parallele Flugbahnen als gleich wahrscheinlich angenommen werden. Diese Größen benötigen wir auch in den Stoßtransformationen zur Berechnung der Stöße. In einem realen System wird der Stoßachsenwinkel, wie auch der Vektorwinkel, von der in der Umgebung herrschenden **Stoßfrequenzraumwinkeldichte** bestimmt. [*Im Zufallsgenerator **für** den **Stoßachsenwinkel** muss diese deshalb zum zweiten Mal verwendet werden.?*]
Bei **jedem Stoß** bleibt der Relativgeschwindigkeitsbetrag unverändert, deren Richtung ändert sich aber in Abhängigkeit von der Stoßachse, was jeweils einer **Drehung** entspricht. Dieser Drehung kann auch ein <u>axialer Vektor</u> (rot gestrichelt) zugeordnet werden, wenn eine Drehachse definiert ist, deren Abstand ins Kreuzprodukt mit der Winkelgeschwindigkeit ein geht. Problem ist jetzt die Zuordnung einer Winkelgeschwindigkeit zu der spontanen Drehung beim Stoß. Das erfordert eine Durchnittsbildung vieler Stöße. Ohne Stoßachse, also lediglich mit der Annahme eines Zentrums der Ansammlung, kann trotzdem der Abstand von diesem zur Bildung eines Pseudovektors verwendet werden. Ohne mathematische Begründung, wird vorläufig für <u>einen</u> Stoß dieser rot gestrichelte, zur Stoßachse parallele Anteil der Relativgeschwindigkeit als Winkelgeschwindigkeit angenommen. [*Dieser entspricht 1/2 des Pseudovektors der Änderung der Relativgeschwindigkeit, welcher über alle zum System gehörenden Stöße eine Art Drehimpuls beschreibt, welche Spin genannt wird.?*] *Die vorkommenden Vektorwinkel mit einem von Null abweichenden Mittelwert, wirken sich auf die Symmetrie der vorkommenden Stoßachsenwinkel aus. Parallel zur Relativgeschwindigkeit gleich wahrscheinliche Flugbahnen können nicht einfach voraus gesetzt werden.* Vom Systemzentrum aus überlagern sternförmig nach außen gerichtete Bahnen die im Normalraum übliche Gleichwahrscheinlichkeit paralleler Flugbahnen. Wegen **fehlender Drehachse** des Systems streuen aber die Berührungspunkte jeweils über einen ganzen Kreis auf der Oberfläche der Kugel. Aus einem kleinen Winkelbereich sind von außen keine Asymmetrien der Herkunft von Stoßpartnern zu erwarten, so dass weiterhin annähernd gleich wahrscheinliche parallele Flugbahnen angenommen werden können. *Der Faktor 1/2 könnte auf das Fehlen von Drehachsen zurückführbar sein, was auch mit der Abschirmung der Hälfte der Systemmasse zusammen hängen kann.*

Zur Beschreibung der Wirkung von vielen Stößen könnten demnach axiale oder Pseudovektoren heran gezogen werden. Dazu werden nur der Relativgeschwindigkeitsbetrag und die zwei Winkel für die Drehung benötigt. Zusätzlich kann eine freie Weglänge zur Charakterisierung der Stoßfrequenz, also der kompletten Bestimmung der Wirkung, gespeichert werden.
Der normale Bahndrehimpuls (4) ergibt sich einfach aus der von der Drehachse im Abstand **r** mit der Bahngeschwindigkeit **v** bewegten Masse. Diskrete Einzelobjekte haben jeweils eigene Geschwindigkeiten und Abstände von der Drehachse bzw. dem Zentrum der Ansammlung. Wir können die Geschwindigkeitsvektoren auf einen Radius verschieben unter Beibehaltung des Abstandes. Dieser kann auf 1 normiert werden. Die Häufigkeit hängt von der (gleichmäßigen) Verteilung in dem betrachteten Bereich ab.

In stabilen Systemen muss ein (thermisches) Stoßgleichgewicht zur Umgebung herrschen, was im DSM durch einen überall bildbaren Faktor **h = m v L** beschrieben wird. Das **SM** folgt als **effektive Theorie (effektive Felder)** aus dem **DSM**. Bei stabilen Systemen, also Elementarteilchen, kann ein lokales Gleichgewicht durch Drehung erzeugt und erhalten werden, weshalb L zum (durchschnittlichen) Radius **r** einer dort gedachten Bewegung um das Zentrum wird.
Ohne eine feste Verbindung zwischen den bewegten diskreten Objekten, welche wir jetzt näher betrachten wollen, gehen wir, wie bei den ortslosen Untersuchungen zur **<u>Thermalisierung</u>**, von einer Menge Kugeln mit bekannten Geschwindigkeiten nach einer natürlichen Maxwell-Boltzmann-Verteilung aus.

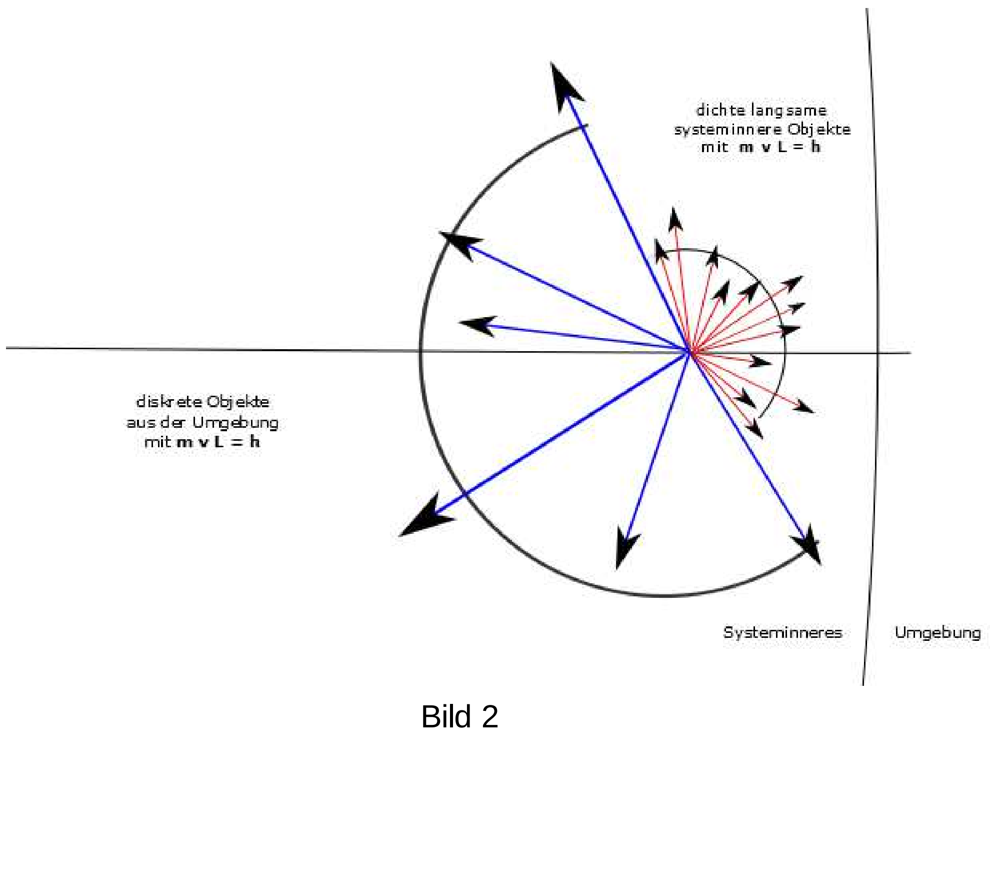


Bild 2

In Bild 2 sind mögliche Geschwindigkeitsvektoren aus dem Systeminneren als rote Pfeile dargestellt, welche wir uns als sehr nahe dem betrachteten Punkt in der Nähe der Systemoberfläche vorstellen wollen. Deshalb versuchen wir die Beschreibung wieder in unserem bei der Thermalisierungsuntersuchung bewährten ortslosen Gas. Von außen, aus der weniger dichten Umgebung (diese könnte bei unseren Überlegungen aber sogar gleich dicht sein wie im System), kommen schnellere Objekte nur aus einem halbkugelförmigem Bereich, weil die aus dem Raum hinter dem System als vollständig abgeschirmt angenommen werden können, falls das System dicht genug ist.

Zufällig ausgewählte Stoßpartner erzeugen eine Drehung der Relativ-geschwindigkeit, wobei zu einem Elementarteilchen mit Spin gehörende Kugeln so definiert sind, dass sie nur von solchen aus der Umgebung getroffen werden. Treffer zwischen Hintergrundkugeln oder innere Treffer zwischen Systemkugeln, werden vernachlässigt, weil sie weg gemittelt werden können.
Die Lage des Systemzentrums zur überwiegenden Bewegung der Systemkugeln kann nur in zwei verschiedenen Richtungen vorkommen: gegenüber der durchschnittlichen Vektorwinkelverschiebung
rechts drehend oder links drehend.
Dadurch wird eine Rechts- oder Linksdrehung der Pseudovektoren der Relativgeschwindigkeiten, also der Wirkung der Stöße, erzeugt.
Die Summe der laut Definition zum System gehörenden Drehimpulse ergibt den Spin. Der Erhalt der Drehrichtung ist zu zeigen. Ein möglicher Einflussfaktor ist die von der Abschirmung erzeugte Verschiebung des Vektorwinkels, welche aber auf eine Verbindung mit der Ladung (Feinstrukturkonstante) hin deutet. Ein anderer möglicher Einflussfaktor ist die Tatsache, dass einer der beiden Stoßpartner nach dem Stoß besser in ein System passt als der andere und deshalb vom System als zu ihm gehörig ausgewählt wird.

Durch die Selbstwechselwirkung, also Stöße, in den betrachteten Systemen werden neue Geschwindindigkeiten der diskreten Objekte (Kugeln) erzeugt. Deren Beschreibung und dabei die Bildung von aussagekräftigen Größen, kann demnach als direkte Erzeugung solcher Größen durch die Selbstwechselwirkung der diskreten Objekte interpretiert werden. Beispielsweise ist so eine Drehung der durchschnittlichen Flugrichtung der beteiligten Kugeln und deren Interpretation als Spin eines Systems möglich. Im Gegensatz zum achsgebundenen Drehimpuls betrachten wir im ortslosen Gas lokale Stöße innerhalb eines Systems, welche wir aus Symmetriegründen alle gleich behandeln wollen. Weil durch Abschirmung aus einer Hälfte des Systems fast keine Kugeln ankomen sollen, enthält die zu simulierende Strömung nach der Auswahl einer Kugel als infrage kommende Stoßpartner solche, die sich in einer bevorzugten Bewegungsrichtung befinden, mit MB-verteilten **Geschwindigkeiten orthogonal zur ausgewählten Kugel**. Der zufällige Vektor- bzw. Bahnenwinkel in der Strömung wird nur von der Relativgeschwindigkeit zur ausgewählten bestimmt und diese bestimmt sich nach dem Satz von Pythagoras. Ein zufälliger Stoßachsenwinkel (Streifwinkel) kann dann relativ zur Relativgeschwindigkeit gewählt werden. Zu diesem sind aus einem Kreis auf der Kugeloberfläche noch beliebige zweite Winkel wählbar, welche hier aber keine Bedeutung besitzen. Die Stoßachse, welche die neuen Geschwindigkeiten der Stoßpartner festlegt, erzeugt somit zwei neue Geschwindigkeitsvektoren, von denen einer besser in die Strömung passt als der andere und somit zum System gehört. Die Bewegungsrichtung entspricht im Allgemeinen keiner der Bewegungen vor dem Stoß. **Die durchschnittliche Drehung der Relativgeschwindigkeiten definieren wir als Spin des Systems**.

Vergleichen wir nun diese Drehungen mit dem Drehimpuls, stellen wir fest, dass bei der lokalen Drehung (durch den Stoß) in der Strömung ein Durchschnittswinkel entsteht. Dieser hat wegen der Auswahl und der Zugehörigkeit zur Strömung einen Betrag und eine Richtung, die mit der Strömung zusammen hängt. Dadurch wird ein axialer Winkel definiert. Ohne dessen Größe zu kennen, bemerken wir, dass die Drehungen wegen der fehlenden Achssymmetrie, anders als beim Drehimpuls, nicht nach einer Aneinanderreihung der einzelnen Drehungen durch deren Addition nach 2 π einen vollen Kreis ergeben. Wegen des Umherirrens auf der ganzen Kugeloberfläche ist so eine Drehung erst später vollendet. *Dass doppelt so viele Einzeldrehungen erforderlich sind, wie beim Drehimpuls, muss gezeigt werden.* "Es wirkt nur ein halber Drehimpuls" ist eine andere Beschreibung.

Vom dreidimensionalen Raum müssen die lokal vorherrschenden Eigenschafte für eine ortslose Betrachtung auf einen Punkt projiziert werden. Weil die durchschnittliche Entfernung von der angenommenen Ansammlung in allen Richtungen gleich weit vom Mittelpunkt entfernt ist, genügt die Betrachtung de durch diese gebildeten Kugel. Die Auswahl einer Strömung äußert sich im Zufallsgenerator zur Erzeugung des Vektorwinkels β. Hier steckt dahinter die Überlegung, dass alle Maxwell-Boltzmann verteilten Geschwindigkeiten ausreichend aus dem System und nachgeliefert aus der Umgebung zur Verfügung stehen. Die höchste Stoßfrequenz wird dann durch die höchsten Relativgeschwindigkeiten erzeugt und diese liefern den zugehörgen Winkel β nach dem Satz von Pythagoras.

Die höchste Stoßfrequenz ergibt sich bei den höchsten Relativgeschwindigkeiten und diese entstehen bei frontal sich aufeinander zu bewegenden Atomen, also solchen aus dem System mit Partnern aus der Umgebung. Geringste Stoßfrequenz bzw. Stoßwahrscheinlichkeit haben "Auffahrtunfälle" (nach Brendel stoss.pdf) mit Stoßpartnern, die beide schon längere Zeit zum System gehören, also einen großen Weg in diesem zurück gelegt haben. Das vordere ist dabei langsamer und wird mit höherer Wahrscheinlichkeit mit einem Stoßachsenwinkel weiter außen getroffen *[zu zeigen].*

Zusammenfassend einige wichtige Gedanken

- jeder Stoß erzeugt eine Drehung der Relativgeschwindigkeit
- **Drehimpuls als Kreuzprodukt entspricht Wirkung**
- zusammenhängende Masse bewegt sich orthogonal
- beim Spin wird durchschnittlicher Punkt betrachtet
- auf Probeatom zu fliegen Teilchen aus Halbkugel
- Probeatom wird als ruhend angenommen
- von vielen Stößen wird Durchschnittsdrehung ermittelt
- die (orthogonale) Durchschnittsgeschwindigkeit hat den Betrag 1/2
- zur Relativgeschwindigkeit ist der erwartete Stoßachsenwinkel 45°
- die durchschnittliche Drehung der Relativgeschwindigkeit ist 90°
- einer der beiden Stoßpartner passt nach dem Stoß besser ins System
- der besser passende gehört automatisch zum System (Strömung up oder down)
- von der vorhandenen Masse (Anzahl) wird wegen der Ruhe eines Partners nur die Hälfte bei den Relativgeschwindigkeiten berücksichtigt
- im gesamten System wird so zwar eine volle Drehung berücksichtigt, der identische Zustand wird aber erst nach zwei betrachteten Drehungen wieder erreicht
- Systeme können nach außen Wirkungen hervorrufen
- Materieflüsse können als Magnetfelder definiert werden
- Geschwindigkeitsabweichungen können mit elektrischen Feldern identifiziert werden
- ein System mit Spin 1/2 kann einen konstanten Geschwindigkeitsvektorfluss verursachen, der mit der Erzeugung der Elementarladung identifiziert werden kann
- erzeugte Abweichungen verlassen das System isotropisch
- mit der Elementarladung hängt die Erzeugung der Feinstrukturkonstante zusammen
- durch Simulation kann die Erzeugung der FSK gezeigt werden
- die Strömung im Spin 1/2-Teilchen wird durch das Vorzeichen der Pythagoras-Wurzel für den Zufallsgenerator zur Auswahl der Stoßpartner dargestellt