

Zufällige Stöße

Das Folgende basiert auf dem Wunsch, einmal etwas genauer zu untersuchen, was in einem wirklich einfachen Gas harter Kugeln geschieht. Dieser Wunsch entspringt der Idee aus <http://uratom.de>. Die Definitionen und einige weitergehende Überlegungen sind in Bearbeitung, aber als Entwurf unter <http://uratom.de/Beweise/Definitionen.htm> zu finden. Im betrachteten Raum ist keine Richtung vor der anderen ausgezeichnet. Beim Zusammenstoß wird nur die zur Stoßachse parallele Geschwindigkeit ausgetauscht. Stoßachsen können zufällig relativ zu den vorkommenden Vektorwinkeln erzeugt werden, wobei vorläufig davon ausgegangen wird, dass parallele Flugbahnen gleichwahrscheinlich sind. Trotzdem handelt es sich noch um ein orts- und zeitloses Gas, weil Orte vorerst nicht betrachtet werden. Einige Eigenschaften der Geschwindigkeitsänderungen bei vielen Zusammenstößen einfacher Kugeln sollen untersucht werden. Die stoßenden Vektoren \mathbf{u} und \mathbf{v} haben jeweils 3 Komponenten. Für die Stoßachsenermittlung ist zuerst die Relativgeschwindigkeit erforderlich.

$$\mathbf{w}(\mathbf{u}, \mathbf{v}) := \mathbf{v} - \mathbf{u} \quad (1)$$

Die Richtung der Relativgeschwindigkeit wird mit der Kugelkoordinaten-Transformation ermittelt, für die hier die in Mathcad eingebaute Funktion verwendet wird:

$$\Phi(\mathbf{u}, \mathbf{v}) := \text{xyz2sph}(w(\mathbf{u}, \mathbf{v})_0, w(\mathbf{u}, \mathbf{v})_1, w(\mathbf{u}, \mathbf{v})_2)_1 \quad (2)$$

$$\Theta(\mathbf{u}, \mathbf{v}) := \text{xyz2sph}(w(\mathbf{u}, \mathbf{v})_0, w(\mathbf{u}, \mathbf{v})_1, w(\mathbf{u}, \mathbf{v})_2)_2 \quad (3)$$

Bei den Ergebnissen mit der ausführlichen Transformation gemäß dem Artikel über Kugelkoordinaten in Wikipedia, nimmt Φ Werte von 0 bis 2π an.

Die Stoßachsenwinkel ergeben sich i.A. zufallsabhängig, wobei gleichwahrscheinliche parallele Bahnen zur Richtung der Relativgeschwindigkeit angenommen werden. Das ist auf gleichwahrscheinliche parallele Bahnen bei den Stoßpartnern zurückzuführen. Damit ergibt sich in kartesischen Koordinaten der Stoßachsenvektor:

$$\mathbf{S}_z(\theta_s, \phi_s) := \begin{pmatrix} \cos(\phi_s) \cdot \sin(\theta_s) \\ \sin(\phi_s) \cdot \sin(\theta_s) \\ \cos(\theta_s) \end{pmatrix} \quad (4)$$

Dieser wurde relativ zur Richtung der Relativgeschwindigkeit $\mathbf{w}(\mathbf{u}, \mathbf{v})$ erzeugt und muss nun im ursprünglichen Koordinatensystem (dem Laborsystem von \mathbf{u} und \mathbf{v}) ausgedrückt werden, was durch zwei hintereinander ausgeführte Drehungen erreicht wird:

$$\mathbf{D}_z(\mathbf{u}, \mathbf{v}) := \begin{pmatrix} \cos(\Phi(\mathbf{u}, \mathbf{v})) & \sin(\Phi(\mathbf{u}, \mathbf{v})) & 0 \\ -\sin(\Phi(\mathbf{u}, \mathbf{v})) & \cos(\Phi(\mathbf{u}, \mathbf{v})) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$\mathbf{D}_y(\mathbf{u}, \mathbf{v}) := \begin{pmatrix} \cos(\Theta(\mathbf{u}, \mathbf{v})) & 0 & -\sin(\Theta(\mathbf{u}, \mathbf{v})) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\Theta(\mathbf{u}, \mathbf{v})) & 0 & \cos(\Theta(\mathbf{u}, \mathbf{v})) \end{pmatrix} \quad (6)$$

Damit ergibt sich die Stoßachse im ursprünglichen Koordinatensystem durch das zweifache Zurückdrehen zu:

$$\mathbf{S}(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) := \mathbf{D}_z(\mathbf{u}, \mathbf{v})^{-1} \cdot \mathbf{D}_y(\mathbf{u}, \mathbf{v})^{-1} \cdot \mathbf{S}_z(\theta_s, \phi_s) \quad (7)$$

Dieses \mathbf{S} entspricht beim Zentralstoß auf eine ruhende Kugel dem ursprünglichen \mathbf{u} bzw. beim Zentralstoß auf ein beliebiges \mathbf{v} allgemeiner dem Relativgeschwindigkeitsvektor \mathbf{w} normiert auf 1

normiert auf 1.

Beim Stoß werden nun die zur Stoßachse parallelen Geschwindigkeiten der beiden beteiligten Kugeln ausgetauscht. Alle Vektoren sollen jedoch weiterhin im ursprünglichen Koordinatensystem betrachtet werden.

$$u_p(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) := S(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \cdot (S(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \cdot \mathbf{u}) \tag{8}$$

parallele
Geschwindigkeiten

$$v_p(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) := S(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \cdot (S(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \cdot \mathbf{v}) \tag{9}$$

$$u_o(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) := \mathbf{u} - u_p(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \tag{10}$$

orthogonale
Geschwindigkeiten

$$v_o(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) := \mathbf{v} - v_p(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \tag{11}$$

$$u_s(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) := v_p(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) + u_o(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \tag{12}$$

Geschwindigkeiten nach
Stoß

$$v_s(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) := u_p(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) + v_o(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) \tag{13}$$

Für die Simulation von Stößen (ortsloses Gas) werden die eingehenden Parameter zufällig erzeugt. Zuerst die Stoßachsenwinkel, die auf der Annahme gleichwahrscheinlicher paralleler Bahnen beruhen:

$$\theta_s := \text{asin}(\sqrt{\text{rnd}(1)}) \qquad \theta_s = 0.36434276 \tag{14}$$

$$\phi_s := \text{rnd}(2 \cdot \pi) \qquad \phi_s = 2.56050158 \tag{15}$$

Dann werden die Geschwindigkeitsvektoren so konstruiert, dass u in z-Richtung zeigt. Für die Geschwindigkeitsbeträge u und v wird ebenfalls ein Zufallsgenerator benötigt. Anfänglich wird davon ausgegangen, dass es sich um ein genügend großes dünnes Medium handelt, so dass die Geschwindigkeitsbeträge unabhängig von vorherigen Stößen sind. Als Geschwindigkeitsverteilung wird deshalb eine so verschobene Maxwellverteilung verwendet, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit 1 wird und σ dem entsprechend

$$\sigma := \sqrt{\frac{\pi}{8}} \quad (= 0.62665706868). \text{ Als Wahrscheinlichkeitsdichte verwende ich deshalb:}$$

$$f(v, \sigma) := \frac{\sqrt{2} \cdot v^2}{\sqrt{\pi} \cdot \sigma^3} \cdot e^{-\frac{v^2}{2 \cdot \sigma^2}} \tag{16}$$

Damit ergibt sich die für den Zufallsgenerator verwendbare Wahrscheinlichkeitsverteilung:

$$F(x) := \int_0^x \frac{\sqrt{2} \cdot x^2}{\sqrt{\pi} \cdot \sigma^3} \cdot e^{-\frac{x^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx \qquad \text{mit} \qquad \int_0^\infty \frac{\sqrt{2} \cdot x^2}{\sqrt{\pi} \cdot \sigma^3} \cdot e^{-\frac{x^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx = 1 \tag{17}$$

Demnach erhalten wir für die zufälligen Geschwindigkeitsbeträge der beiden

$$\text{Stoßpartner:} \quad ZG_u(u, U) := F(u) - U \tag{18} \qquad \text{bzw.} \qquad ZG_v(v, V) := F(v) - V \tag{19}$$

was wir mit der root Funktion lösen, die nur vorher mit einer Zahl aus dem Lösungsintervall initiiert wird. $0 < U < 1$ bzw. $0 < V < 1$ sind die zufälligen Funktionswerte des Zufallsgenerators.

$$u := 1 \qquad U := \text{rnd}(1) \tag{20} \qquad v := 1 \qquad V := \text{rnd}(1) \tag{21}$$

$$U = 0.59161281$$

$$V = 0.10628422$$

$$\dots$$

$$\dots \tag{22}$$

$$u := \text{root}(F(u, v, \beta), u) \quad (22)$$

$$v := \text{root}(F(u, v, \beta), v) \quad (23)$$

$$u = 1.06587326$$

$$v = 0.49076646$$

Darüber hinaus wird nun ein zufälliger Winkel für den Stoßpartner (Flugwinkel = Bahnenwinkel) ermittelt. Dafür wird eine zufällige Verteilung wie z.B. die aus der von L. Brendel in "[B-stoss.pdf](#)" ermittelten Wahrscheinlichkeitsdichte $w(u, \beta)$ (69) verwendet. Das entspricht einem zufälligen $\Theta = \pi - \beta$ in Kugelkoordinaten. Hier wird vorerst folgende einfachere Verteilung verwendet, die einen ähnlichen Verlauf zeigt:

$$F(u, v, \beta) := \frac{\int_0^\beta \sqrt{u^2 + v^2 - 2 \cdot u \cdot v \cdot \cos(\pi - \beta)} \, d\beta}{\int_0^\pi \sqrt{u^2 + v^2 - 2 \cdot u \cdot v \cdot \cos(\pi - \beta)} \, d\beta} \quad (24)$$

$$FG(u, v, \beta, y) := F(u, v, \beta) - y \quad F(u, v, \pi) = 1 \quad (25)$$

Zur Nullstellenbestimmung wird die Lösungsmenge mit einer Näherungslösung aus dem zulässigen Intervall initiiert. $0 < y < 1$ ist der zufällige Funktionswert des Zufallsgenerators.

$$y := \text{rnd}(1) \quad (26) \quad y = 0.79111752 \quad \beta := \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot y \quad \beta = 1.65691266 \quad (27)$$

sowie dann die root-Funktion

$$\beta := \text{root}(FG(u, v, \beta, y), \beta) \quad \beta = 2.09813203 \quad (28)$$

Außerdem muss noch Φ der Drehwinkel des Vektors \mathbf{v} um die Richtung von \mathbf{u} zufällig bestimmt werden. Das geht wie für den Winkel ϕ :

$$\Phi := \text{rnd}(2 \cdot \pi) \quad \text{mit z.B.} \quad \Phi = 2.62934363 \quad (29)$$

Die so ermittelten sechs Parameter definieren demnach ein Stoßgebilde, das mit den Stoßtransformationen sechs neue Parameter für die Bewegung der zwei Teilchen nach dem Stoß ergibt. Um die obigen Stoßtransformationen (12) und (13) verwenden zu können, müssen die Geschwindigkeitsvektoren noch in kartesische Koordinaten umgerechnet werden. Sinnvollerweise wird u in z-Richtung gelegt:

$$\mathbf{u} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ u \end{pmatrix} \quad (30) \quad \mathbf{u} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1.06587326 \end{pmatrix} \quad \mathbf{v} := \begin{pmatrix} v \cdot \sin(\pi - \beta) \cdot \cos(\Phi) \\ v \cdot \sin(\pi - \beta) \cdot \sin(\Phi) \\ v \cdot \cos(\pi - \beta) \end{pmatrix} \quad \mathbf{v} = \begin{pmatrix} -0.36966114 \\ 0.20786606 \\ 0.24696977 \end{pmatrix} \quad (31)$$

Damit ergeben sich nach dem Stoß die beiden Geschwindigkeitsvektoren:

$$\mathbf{u}_s(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) = \begin{pmatrix} -0.60398102 \\ 0.14626089 \\ 0.46897447 \end{pmatrix} \quad (32) \quad \mathbf{v}_s(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s) = \begin{pmatrix} 0.23431988 \\ 0.06160517 \\ 0.843386856 \end{pmatrix} \quad (33)$$

Damit kann beispielsweise ermittelt werden, wie sich die Geschwindigkeitsbetragssummen vor und nach dem Stoß zueinander verhalten:

$$|\mathbf{u}| + |\mathbf{v}| = 1.55663972 \quad \text{oder} \quad |\mathbf{u}_s(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s)| + |\mathbf{v}_s(\mathbf{u}, \mathbf{v}, \theta_s, \phi_s)| = 1.6564994$$

Interessant wird es nun bei vielen Stößen. Was passiert dann?

Zur bequemen Speicherung für eine spätere Auswertung nach vielen Stößen werden die

Parameter vor dem Stoß und nach dem Stoß zuerst noch zu einem Gebilde zusammengefasst.

$$\psi = \begin{pmatrix} u_2 \\ v_0 \\ v_1 \\ v_2 \\ \theta_s \\ \phi_s \\ u_s(u, v, \theta_s, \phi_s) | 0 \\ u_s(u, v, \theta_s, \phi_s) | 1 \\ u_s(u, v, \theta_s, \phi_s) | 2 \\ v_s(u, v, \theta_s, \phi_s) | 0 \\ v_s(u, v, \theta_s, \phi_s) | 1 \\ v_s(u, v, \theta_s, \phi_s) | 2 \end{pmatrix} \quad \text{also} \quad \psi = \begin{array}{|c|c|} \hline & 0 \\ \hline 0 & 1.06587326 \\ \hline 1 & -0.36966114 \\ \hline 2 & 0.20786606 \\ \hline 3 & 0.24696977 \\ \hline 4 & 0.36434276 \\ \hline 5 & 2.56050158 \\ \hline 6 & -0.60398102 \\ \hline 7 & 0.14626089 \\ \hline 8 & 0.46897447 \\ \hline 9 & 0.23431988 \\ \hline 10 & 0.06160517 \\ \hline 11 & 0.84386856 \\ \hline \end{array} \quad (34)$$

Bei jeder Neuberechnung des gesamten Dokuments werden neue zufällige Werte ermittelt. Diese werden einfach zur späteren Auswertung an eine Datei PSI angehängt.

$$\text{APPENDPRN("PSI.prm")} := \psi \quad (35)$$

Zur Analyse der Daten werden diese eingelesen und aus ihnen die interessierenden Elemente ermittelt, indem die Gesamtzahl durch 12 geteilt wird.

$$X := \text{READPRN("PSI.prm")} \quad (36) \quad k := \text{rows}(X) \quad k = 180000 \quad (37)$$

Die Zahl der Durchläufe und damit Stöße ist demnach $z := \frac{k}{12}$ also $z = 15000$. hier (38)

Für $i := 1..z$ (39) ergeben sich die Geschwindigkeitsbeträge vor und nach dem Stoß:

$$u_{i-1} := X_{(i-1) \cdot 12} \quad (40)$$

$$v_{i-1} := \begin{bmatrix} X_{[(i-1) \cdot 12] + 1} \\ X_{[(i-1) \cdot 12] + 2} \\ X_{[(i-1) \cdot 12] + 3} \end{bmatrix} \quad (41)$$

$$u_{s_{i-1}} := \begin{bmatrix} X_{[(i-1) \cdot 12] + 6} \\ X_{[(i-1) \cdot 12] + 7} \\ X_{[(i-1) \cdot 12] + 8} \end{bmatrix} \quad (42)$$

$$v_{s_{i-1}} := \begin{bmatrix} X_{[(i-1) \cdot 12] + 9} \\ X_{[(i-1) \cdot 12] + 10} \\ X_{[(i-1) \cdot 12] + 11} \end{bmatrix} \quad (43)$$

Damit können nun die Veränderungen bei den Geschwindigkeitsbeträgen verfolgt werden. Zuerst interessiert beispielsweise die Gesamtveränderung:

...

....

$$\Delta X := (u + v) - (u_s + v_s) \quad (44)$$

Nach den Stößen sind die Summen der Geschwindigkeitsbeträge interessanterweise stets kleiner als 2, demnach kleiner als vor den Stößen.

Als Durchschnittswert ergibt sich nach den betrachteten z

$$\Delta G := \frac{\sum_{i=0}^{z-1} \Delta X_{i-1}}{z} \quad \text{hier demnach} \quad \Delta G = -0.01464511 \quad (45)$$

Bei sehr großen Stoßzahlen strebt diese Zahl sicher gegen einen Grenzwert, der in einer Uratomtheorie eine wichtige physikalische Bedeutung haben sollte.

Die einzelnen Geschwindigkeitsbeträge sind auf den ersten Blick nicht nach der Maxwell-Verteilung verteilt. Bei vielen Stößen harter Kugeln, die bereits einer Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung unterliegen, bleibt diese aber erhalten, was auch schon bekannt ist (vgl. z.B. L. Brendel: [B-stoss.pdf](#), Abbildung 10). Hier kann der sich ergebende Geschwindigkeitsmittelwert zur Normierung aller Teilchengeschwindigkeiten verwendet werden. Es gilt:

$$m_{su} := \frac{\sum_{i=0}^{z-1} u_{s_i}}{z} \quad m_{su} = 1.01076873 \quad (46)$$

$$m_{sv} := \frac{\sum_{i=0}^{z-1} v_{s_i}}{z} \quad m_{sv} = 1.00728616 \quad (47)$$

Der Geschwindigkeitsmittelwert aller Kugeln nach den Stößen ist demnach

$$m_s := \frac{m_{su} + m_{sv}}{2} \quad m_s = 1.00902745 \quad (48)$$

Durch diesen werden alle ermittelten Geschwindigkeitsbeträge geteilt. Die alternative Normierung mit (36) bzw. (37) ergibt numerisch hier in Mathcad unten (38) eine geringfügig abweichende durchschnittliche Varianz:

$$u_{\text{norm}} := \frac{u_s}{m_s} \quad (49)$$

$$v_{\text{norm}} := \frac{v_s}{m_s} \quad (50)$$

Mit diesen neuen Geschwindigkeiten wird nun deren Verteilung über

$$m_{unorm} := \frac{\sum_{i=0}^{z-1} u_{\text{norm}_i}}{z} \quad m_{unorm} = 1.0017257 \quad (51)$$

$$m_{vnorm} := \frac{\sum_{i=0}^{z-1} v_{\text{norm}_i}}{z} \quad m_{vnorm} = 0.9982743 \quad (52)$$

Dabei gilt

natürlich

$$\frac{m_{unorm} + m_{vnorm}}{2} = 1$$

Die Varianzen werden

Die Varianzen werden

$$s_{su} := \sum_{i=0}^{z-1} \frac{(u_{\text{norm}_i} - m_{u\text{norm}})^2}{z} \quad s_{su} = 0.16116881 \quad (53)$$

$$s_{sv} := \sum_{i=0}^{z-1} \frac{(v_{\text{norm}_i} - m_{v\text{norm}})^2}{z} \quad s_{sv} = 0.16112891 \quad (54)$$

Damit

$$\text{wir} \quad s_s := \frac{s_{su} + s_{sv}}{2} \quad s_s = 0.16114886 \quad (55)$$

die durchschnittliche Varianz aller Teilchennach den Stößen. Eine physikalische Interpretation wäre wohl hier noch verfrüht.

Andererseits kann leicht gezeigt werden, dass in einem HKG aus lauter Teilchen mit dem Geschwindigkeitsbetrag 1 bei vielen Stößen eine neue niedrigere Durchschnittsgeschwindigkeit entsteht. Assoziieren wir dieses HKG mit einem Uratomäther oder dem Feld der verborgenen Parameter (oder versteckten Variablen bzw. Führungsfeld) der [Bohmschen Mechanik](#), ergibt sich eine gewisse Berechtigung zu weiteren Spekulationen.

Für die Geschwindigkeitsbeträge u und v wird, wie oben erwähnt, eigentlich ebenfalls ein Zufallsgenerator benötigt. Anfänglich sind wir davon ausgegangen, dass es sich um ein genügend großes dünnes Medium handelt, so dass die Geschwindigkeitsbeträge unabhängig von vorherigen Stößen sind. Als Geschwindigkeitsverteilung wird deshalb eine so reskalierte Maxwellverteilung verwendet, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit 1 wird und σ dem entsprechend

$$\sigma := \sqrt{\frac{\pi}{8}} \quad (56)$$

Als Wahrscheinlichkeitsdichte für eine Erwürfelung zufälliger Maxwell- verteilter Geschwindigkeiten ergibt sich deshalb:

$$f(v, \sigma) := \frac{\sqrt{2} \cdot v^2}{\sqrt{\pi} \cdot \sigma^3} \cdot e^{-\frac{v^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (57)$$

Damit ergibt sich deren Streuung

zu:

$$\sigma_{\text{sigma}} := \sqrt{\int_0^{\infty} v^2 \cdot f(v, \sigma) \, dv - \left(\int_0^{\infty} v \cdot f(v, \sigma) \, dv \right)^2} \quad (58)$$

sigma = 0.42201569 entsprechend $\sqrt{3 - \frac{8}{\pi}} \cdot \sigma = 0.42201569$

Eine solche Geschwindigkeitsverteilung ist in sehr vielen Versuchen bestätigt und somit der **Standardfall unserer natürlichen Umgebung**. Deshalb liegt es nahe, einfach zu versuchen, was für einen Mittelwert beispielsweise das Produkt der Varianz aus (58) und der mittleren Geschwindigkeitsveränderung (45) bzw. besser (62) ergibt.

Um die Entwicklung für alle Einzelstöße nachvollziehen zu können, wird auf die gespeicherten Resultate folgendes Verfahren angewandt:

$$\text{Also } k := 0..z-1 \quad (59)$$

$$X_{a_k} := \begin{cases} \text{for } i \in 0..k \\ \left| \begin{array}{l} vv_i \leftarrow \Delta X_i \text{ if } \Delta X_i \geq 0 \\ vv_i \leftarrow 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad (60) \\ 1. \end{cases}$$

$$\left| \frac{\sum_{i=0}^k v v_i}{k+1} \right|$$

Dies sind die Geschwindigkeitsabnahmen-Durchschnitte bis zum entsprechenden Stoß und

$$X_{z_k} := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..k \\ \left| \begin{array}{l} v v_i \leftarrow \Delta X_i \text{ if } \Delta X_i < 0 \\ v v_i \leftarrow 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ \frac{\sum_{i=0}^k v v_i}{k+1} \end{array} \right| \quad (61)$$

die entsprechenden Geschwindigkeitszunahmen-Durchschnitte.

Für alle betrachteten Stöße wird demnach der Mittelwert der Geschwindigkeitsveränderung ermittelt und für die graphische Darstellung zwischengespeichert:

$$\text{alpha}_k := \left(\frac{X_a \cdot \text{sigma}^2 - X_z \cdot \text{sigma}^2}{2} \right)_k \quad \text{alpha}_{z-1} = 0.00735539 \quad (62)$$

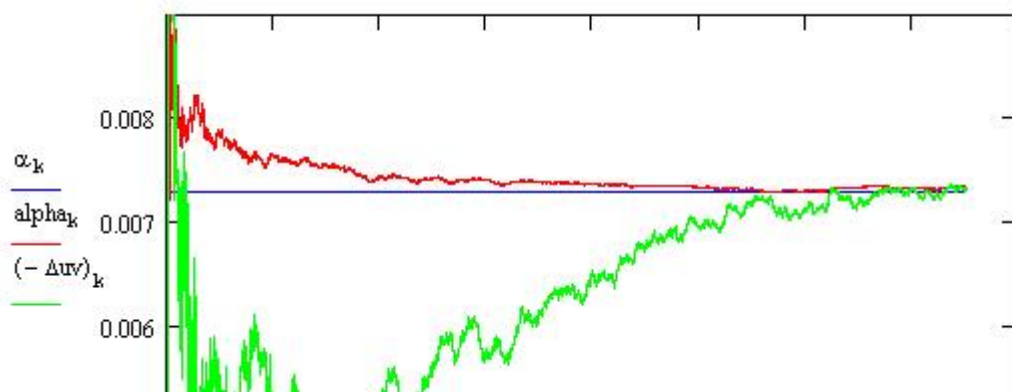
Noch einfacher ist die direkte Betrachtung der Entwicklung der Geschwindigkeitsänderungen aus (44) bei vielen Stößen:

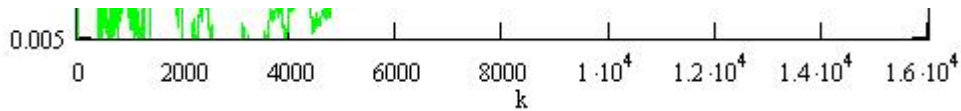
$$\Delta uv_k := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..k \\ v v_i \leftarrow \left(\frac{\Delta X}{2} \right)_i \\ \frac{\sum_{i=0}^k v v_i}{k+1} \end{array} \right| \quad (63)$$

Mit dem Vergleichswert: $\alpha_k := 0.0072973525$

(Fermi-Strukturkonstante), ergibt sich damit beispielsweise folgende Entwicklung dieser Werte für

$z = 15000$ Stöße:





Verschiedene in der gleichen Größenordnung liegende Kennzahlen ergeben sich auf ähnliche Art, wenn anstelle (16), (17) oder (28) zufällige Geschwindigkeiten bzw. Winkel mit anderen Wahrscheinlichkeitsverteilungen erwürfelt werden. Die gesamten Ergebnisse sind ein starkes Indiz für die **Berechtigung des Harte Kugeln Modells** als Konkurrenz für [\(Super-\) Stringmodelle](#), [Loop-Quantengravitation](#) oder Äthertheorien, welche derzeit zur Lösung der Frage, was die Welt im Innersten zusammenhält, favorisiert werden. Es scheint ein physikalisches Modell für die Erzeugung und damit der erstmaligen **Erklärung der Feinstrukturkonstante** in Aussicht zu stehen. Die hier noch spekulative physikalische Deutung ist die Interpretation als Konstante des Mittelwertes aus der durchschnittlichen Wechselwirkung zwischen Vakuum-Atomen und wie auch immer erzeugten Systemen aus diesen "Uratoemen".

[Inhalt](#)[Grafik](#)[vorheriges](#)[nächstes](#)[Links](#)[Stichworte \(Ende\)](#)

Wiese, Lothar: Struktur und Dynamik der Materie im Uratom-Modell,
<http://www.localisator.de/atom>, Porec und Sarajevo 2000-2005

[Uratom \(Anfang\)](#)