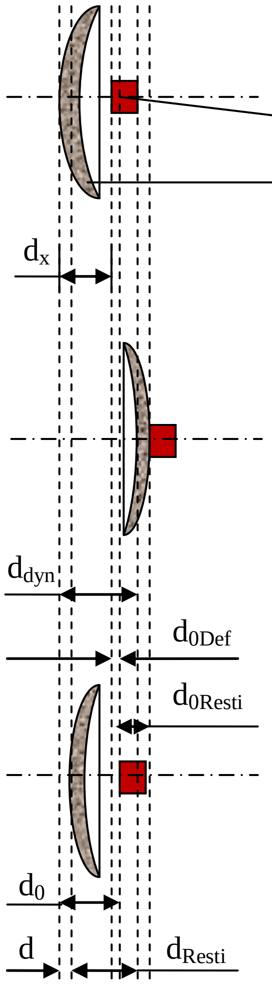
# Steifigkeitszahlsystem+$k_0$-System

**Ausgangszustand:**




**Maximale dynamische Deformation:**

Ende der Kompressionsphase

**Endzustand:**

Ende der Restitutionsphase

d - maximale bleibende Deformationstiefe [m]

$d_{dyn} = d_{dyn(amisch)}$ - maximale dynamische Deformationstiefe - von äußerer Begrenzung der Schürze weg gemessen [m]

$d_0$ - fiktiv maximale bleibende Deformationstiefe - hinter der reinen (eigentlichen) sehr nachgiebigen, weichen (ganz geringe Steifigkeit) Schürze (zur neuen Definition $k_{0(\Delta vRestitution)}$ (32$a_1$) - ab 10.04.2000) [m] - beim HUK-Test.

$d_x$ - Abstand von äußerer Begrenzung der Schürze bis zum Querträger - im Ausgangszustand [m]

$d_{0Resti}$ - Deformationstiefe von Querträger samt Anbau dafür, welche über $k_0$ und aus $d_{dyn}$ zurückkommt [m]

$d_{0Def}$ - maximale bleibende Deformationstiefe von Querträger samt Anbau dafür - nach Abbau der Schürze [m]

$d_{Resti}$ - Deformationstiefe der Schürze, welche über $k_{Def}$ und aus $d_{dyn}$ zurückkommt [m] z.B.: VW Polo IV Heck Versuch AGU SG_04: m = 1183 kg, $\Delta v_{(0)}$ = 2,11 m/s, $\Delta v_{Restitution}$ = 1,08 m/s.

$d = d_{dyn} - d_{Resti}$ - maximale bleibende Deformationstiefe [m]

$d_0 = d_{dyn} - d_{0Resti}$ - fiktiv maximale bleibende Deformationstiefe [m]

$d_0 = d_x + d_{0Def}$ - nach Abbau der Schürze [m]

$d = d_{dyn} * (1 - k_{Def}) = 0{,}0665 * (1 - 0{,}850) = 0{,}0100$ (mit Vorbehalt) [m] (33)

$d_0 = d_{dyn} * (1 - k_0) = 0{,}0665 * (1 - 0{,}512) = 0{,}0325$ (mit Vorbehalt) [m] ($33_1$)

$d_{0Def} = d_{dyn} * (1 - k_{0Def}) = 0{,}0665 * (1 - 0{,}895) = 0{,}0070$ (mit Vorbehalt) [m] ($33_2$)

$$d_{dyn} = \frac{d}{1-k_{Def}} = \frac{0{,}0100}{(1-0{,}850)} = 0{,}0665 \quad [m] \quad (34)$$

$$d_{dyn(maximal)} = \frac{d_{max\ bleibend}}{1-k_{Def}} = \frac{0{,}0100}{(1-0{,}850)} = 0{,}0665 \quad [m] \quad (34a)$$

Stoßzahl, Stoßziffer, k-Faktor $k = k_0 = \frac{v_1' - v_2'}{v_2 - v_1}$ (32a)

$$k = \frac{\Delta v_{Restitution}}{\Delta v_{(0=Kompression)}} = \frac{1{,}08\ [m/s]}{2{,}11\ [m/s]} = 0{,}512$$

$k = 0{,}57 * e^{-0{,}039\ v\ [km/h]}$ Formel lt. Ohmae: im Bereich 20 km/h $\leq v_{rel} \leq$ 70 km/h (32c)
(e = Eulersche Zahl = 2,71828182846)

$$k_{0(\Delta vRestitution)} = \frac{\Delta v_{Restitution}}{\Delta v_{(0=Kompression)}} = \frac{1{,}08\ m/s}{2{,}11\ m/s} = 0{,}512$$ (ab 10.04.2000) ($32a_1$)

$$k_0 \leq \frac{\Delta v_{Restitution\ aus\ Auswertung\ der\ a/t\text{-}Versuchsmeßkurve\ (mit\ geringem\ Zuschlag\ für\ Reifenschlupfverzögerung)}}{\Delta v_{(0)}}$$ ($32a_1$)

$$k_{Def} = 1 - \frac{d}{d_{dyn}} = 1 - \frac{0{,}0100}{0{,}0665} = 0{,}850 \quad (32b)$$

$$k_0 = 1 - \frac{d_0}{d_{dyn}} = 1 - \frac{0{,}0325}{0{,}0665} = 0{,}512$$ (aus $33_1$)

$$k_{0Def} = 1 - \frac{d_{0Def}}{d_{dyn}} = 1 - \frac{0{,}0070}{0{,}0665} = 0{,}895$$ (aus $33_2$)

$$\Delta E_{(0)\,(0\,=\,\text{Kompression})} = W_{\text{DeformationKompression}} = \frac{m * v_{\text{Koll}}^2}{2}\ [\text{Nm}] \ ......\ (\text{falls } v_{\text{Koll}} = \Delta v_{(0)}) \qquad (6)$$

## Definitionen der Steifigkeitszahl (C) und der Kraftzahl (F)

### Grunddefinition der Steifigkeitszahl C:

$$C\ [\text{N/m}] = \frac{\text{Masse } m\ [\text{kg}] * \text{Geschwindigkeitsänderung } (\Delta v)^2\ [\text{m/s}]}{\text{Deformationstiefe}^2\ [\text{m}]}$$

$$\Delta v_{(0)=\text{Kompression}} = \sqrt{\frac{C'*d^2}{m}} = \sqrt{\frac{C'_{k0}*d_0^2}{m}} = \sqrt{\frac{C''dyn*d_{dyn}^2}{m}} = \sqrt{\frac{F'*2*d}{m}} = \sqrt{\frac{F''dyn*2*d_{dyn}}{m}}\ [\text{m/s}]$$

$$C_{\mathbf{F}}\text{“}dyn = C_{\mathbf{H}}\text{“}^{x}dyn = \frac{m * \Delta v_{(0)}^2}{d_{dyn}^2 * 1000}\ [\text{kN/m}] \quad \Rightarrow \qquad (28)$$

$$C\text{“}dyn = \frac{2 * W_{\text{DeformationKompression}}}{d_{dyn}^2 * 1000}\ [\text{kN/m}] \qquad (\text{aus } 28)$$

$$\Rightarrow\ \Delta v_{\text{Kompression}} = \sqrt{\frac{C''dyn * d_{dyn} * d_{dyn} * 1000}{m}}\ [\text{m/s}] \qquad (\text{aus } 28)$$

$$\Rightarrow\ \Delta v_{\text{Kompression}} = \sqrt{\frac{2 * W_{\text{DeformationKompression}}}{m}}\ [\text{m/s}] \qquad (\text{aus } 6)$$

$$C' = \frac{m * \Delta v_{(0)}^2}{d^2 * 1000}\ [\text{kN/m}] \qquad (25)$$

$$C'_{k0} = \frac{m * \Delta v_{(0)}^2}{d_0^2 * 1000}\ [\text{kN/m}] \qquad (25/1)$$

$$C'_{k0Def} = \frac{m * \Delta v_{(0)}^2}{d_{0Def}^2 * 1000}\ [\text{kN/m}] \qquad (25/2)$$

$$C''dyn = \frac{m * \Delta v_{(0)}^2}{d_{dyn}^2 * 1000}\ [\text{kN/m}] \qquad (25/3)$$

$k = 0{,}57 * e^{-0{,}039\, v\ [\text{km/h}]}$ Formel lt. Ohmae: im Bereich 20 km/h ≤ $v_{rel}$ ≤ 70 km/h (32c)

(e = Eulersche Zahl = 2,71828182846)

Der Faktor 0,57 gehört für seine Mittelwertskurve - da der k-Faktor-Verlauf im Logarithmus dargestellt wird, ist dieser eine Gerade - bleibt im Diagramm auch nach der Umwandlung eine Gerade, wenn auf der Senkrechten der k-Faktor im Logarithmus-Maßstab dargestellt wird.

Bei Unterstellung, dass bei $v_{Kollisionrel}$ = 0,00 km/h der k-Faktor = 1,00 ist (Ansatz, dass der k-Faktor der Maximalwert ist), ergibt sich durch Umwandlung der Formel (32c):

$k = 1{,}00 * e^{-0{,}039\, v\ [\text{km/h}]}$ (aus 32c)

$$k = \frac{1{,}00}{e^{0{,}039\, v\ [\text{km/h}]}}.$$

Diese Formel für den k-Faktor gilt genaugenommen nur für das Verhältnis:

Stoßzahl, Stoßziffer, k-

Faktor $k = \frac{v_1' - v_2'}{v_2 - v_1}$ (32a)

das heißt, für die Berechnung von $\Delta v_{Restitution}$.

Umwandlung AZT-Versuche:

$k = 1{,}00 * e^{-0{,}039\, v\ [\text{km/h}]}$ - Formel laut Ohmae mit geändertem Faktor 1,00 anstelle 0,570, bzw. (aus 32c)

$$k = \frac{1{,}00}{e^{0{,}039\, v\ [\text{km/h}]}}.$$

kn = k-Faktor des Versuches am Ende der Kompressionsphase

x = der errechnete Exponent zur Formel von Ohmae für den gegenständlichen umzuwandelnden AZT-Versuch

xn = $\Delta v_{Kompression}$ am Ende der Kompressionsphase des gegenständlichen umzuwandelnden AZT-Versuches [km/h]

xn * 2 = die relative Kollisionsgeschwindigkeit $v_{Krel}$ am Ende der Kompressionsphase des gegenständlichen umzuwandelnden AZT-Versuches [km/h]

$x = LN \left| \frac{1{,}00}{kn} \right| / (xn\ [\text{km/h}] * 2)$ ....... (1,00 = k-Faktor bei v = 0) (124)

k-Faktor der Etappe = EXP (-x * 2 * $\Delta v_{\text{dieser Etappe}}$ [km/h]) ....... EXP(0) = Eulersche Zahl =
(e = Eulersche Zahl = 2,71828182846) (125)

k-Faktor der Etappe = EXP (-(LN $\left|\frac{1,00}{kn}\right|$ / (xn [km/h] * 2)) * (2 * **$\Delta$v** $_{\text{dieser Etappe}}$ [km/h])) (126)
- diese Formel ist in meinem PocketPC programmiert

k-Faktor der Etappe = 1,00 * $e^{-x * 2 * \Delta v \text{ dieser Etappe [km/h]}}$ (127)

---

Bei Anwendung des Systems $C'_{k0}/d_0$ ist systembedingt bei der Betrachtung von $d_0$ rein fiktiv ein Abstand zwischen Schürze (falls diese Schürze sehr dünn ist - ansonsten zuzüglich der Schürzendicke) und dem Querträger (ist das Maß $d_x$: dieses ist eventuell 2 - 3 cm) zu $d_0$ dazuzurechnen.

Es wird nämlich über $k_0$

$$k_0 \leq \frac{\Delta v_{\text{Restitution aus Auswertung der a/t-Versuchsmeßkurve (mit geringem Zuschlag für Reifenschlupfverzögerung}}}{\Delta v_{(0)}} \quad (32a_1)$$

das $d_{0Resti}$ errechnet und daraus dann das $d_0$.
In $d_0$ ist aber das Maß $d_x$ beinhaltet.
Bei Prüfung eines errechnetem $d_0$ ist für die Prüfung des $d_{0Def}$ das $d_x$ abzuziehen; umgekehrt bei gemessenem $d_{0Def}$ ist $d_x$ dazuzurechnen und dieser Wert dann mit dem errechneten $d_0$ zu vergleichen.
Die gleichen Gedankengänge sind anzuwenden bei Ansatz von $C'_{k0}$ und $C'_{k0Def}$.

Wenn der $k_0$-Faktor aus der Kurvenauswertung (über $mm^2$) bestimmt ist (aus $\Delta v_{Restitution}$) ist zu versuchen die richtige $C'_{k0}$-Zahl - über $d_{0Def}$ aus der Vermessung (maximale bleibende Deformationstiefe von Querträger samt Anbau dafür - nach Abbau der Schürze [m]) - zu erhalten. Aber achten, dass die C"dyn-Zahl dazu passt.

<u>z.B.:</u> VW Polo IV Heck Versuch AGU SG_04: m = 1183 kg, $\Delta v_{(0)}$ = 2,11 m/s, $\Delta v_{Restitution}$ = 1,08 m/s.

d = 0,0100 m — $k_{Def}$ = 0,850: errechnet C' = 52700 kN/m

$d_{dyn}$ = 0,0665 m — $k_{Def}$ = 0,850 — C"dyn = 1190 kN/m

$d_0$ = 0,0325 m: $d_0$ aus errechnetem $k_0$ = 0,512: errechnet $C'_{k0}$ = 5000 kN/m

$d_{0Def}$ = 0,0070 m — $k_{0Def}$ = 0,895: errechnet $C'_{k0Def}$ = 107500 kN/m

<u>Kontrolle:</u> $d_0 = d_x + d_{0Def}$

$\Rightarrow$ $d_x = d_0 - d_{0Def}$ = 0,0325 m - 0,0070 m = 0,0255 m =^ 0,02 m ÷ 0,03 m (2 ÷ 3 cm) ........ dies passt dazu