

Projektbeschreibung "Klettermoleküle"

Kinderspielplatz-Klettergerüste in Form eines allgemein konfigurierbaren Molekülbaukastensystems

Diese Datei zeigt Klettermoleküle, welche im Park von "Schloss Fünfeck" ihre erste Präsentation bekommen sollen. Solche Klettermoleküle wären spannende Kunstobjekte für universitäre Parkanlagen und Spielplätze bei chemischen oder pharmazeutischen Unternehmen. Es lassen sich einzelne Moleküle und Kristallausschnitte realisieren. In diesen kann beliebig geklettert werden. Horizontale Zwischennetzebenen beschränken die freien Fallhöhen innerhalb des Moleküls auf weniger als drei Meter und dienen als hängemattenartige Sitz- und Liegeflächen. Aufgrund der möglicherweise erheblichen Absturzhöhen muss ein Beklettern von Außen untersagt sein.

Das Projekt "Schloss Fünfeck" ist eine baukünstlerische Gesamtinstallation die mit erheblichen Kosten verbunden ist. Bei den Klettermolekülen müssten zuerst Prototypen realisiert werden, welche auf Festigkeit zu prüfen sind und Genehmigung erhalten müssen. Es ist wahrscheinlich dass eine Erstausrüstung über eine Millionen Euro kosten mag, welche gestiftet sein muss. Spätere Nachbestellungen von Chemiefirmen usw. könnten dann als rentables Angebot einer Spielgerätefirma möglich sein. Ein kompliziertes Molekül dürfte dabei auch etliche Hunderttausend Euro kosten. Ob es eine Nachfrage für so was gibt, kann ich gegenwärtig nicht abschätzen.

Mit dieser Datei will ich erst einmal eruieren ob es technisch möglich ist, solche Moleküle überhaupt zu produzieren. Aus künstlerischer Sicht ist es ein spannendes Thema ähnlich dem Atomium in Brüssel. Ich habe im folgenden zu einigen chemischen Stoffen auch politische Satieren formuliert. Schloss Fünfeck soll als Verlagshaus anspruchsvolle naturwissenschaftliche Lehrmaterialien produzieren. Die Errungenschaften der Chemie haben dem Menschen beachtlichen Fortschritt gebracht und prägen unser tägliches Leben durch und durch. Auf der anderen Seite geht es auch manchmal daneben und der Mensch ist Kraft seiner Kreativität auch in seine Existenz gefährdet (Atomkrieg usw.) In der Parkanlage "Schloss Fünfeck" soll es dazu eine Art Ausstellung geben.

Mein persönliches Interesse an diesem Kunstprojekt resultiert aus einem großen Interesse an naturwissenschaftlichen Themen und dem gescheiterten Versuch damit eine reguläre Berufsbiographie zu verwirklichen. Das Projekt "Schloss Fünfeck" ist eine für mich passende Antwort auf etliche biographische Vorfälle.

Ein international wasserdichter Patentschutz ist für mich gegenwärtig nicht finanzierbar. Dennoch betrachte ich das System als mein uneingeschränktes geistiges Eigentum ! Ein unlizensierter Nachbau wird als Plagiat verfolgt.

Kelkheim am 27. April 2015, Wolfgang Renner

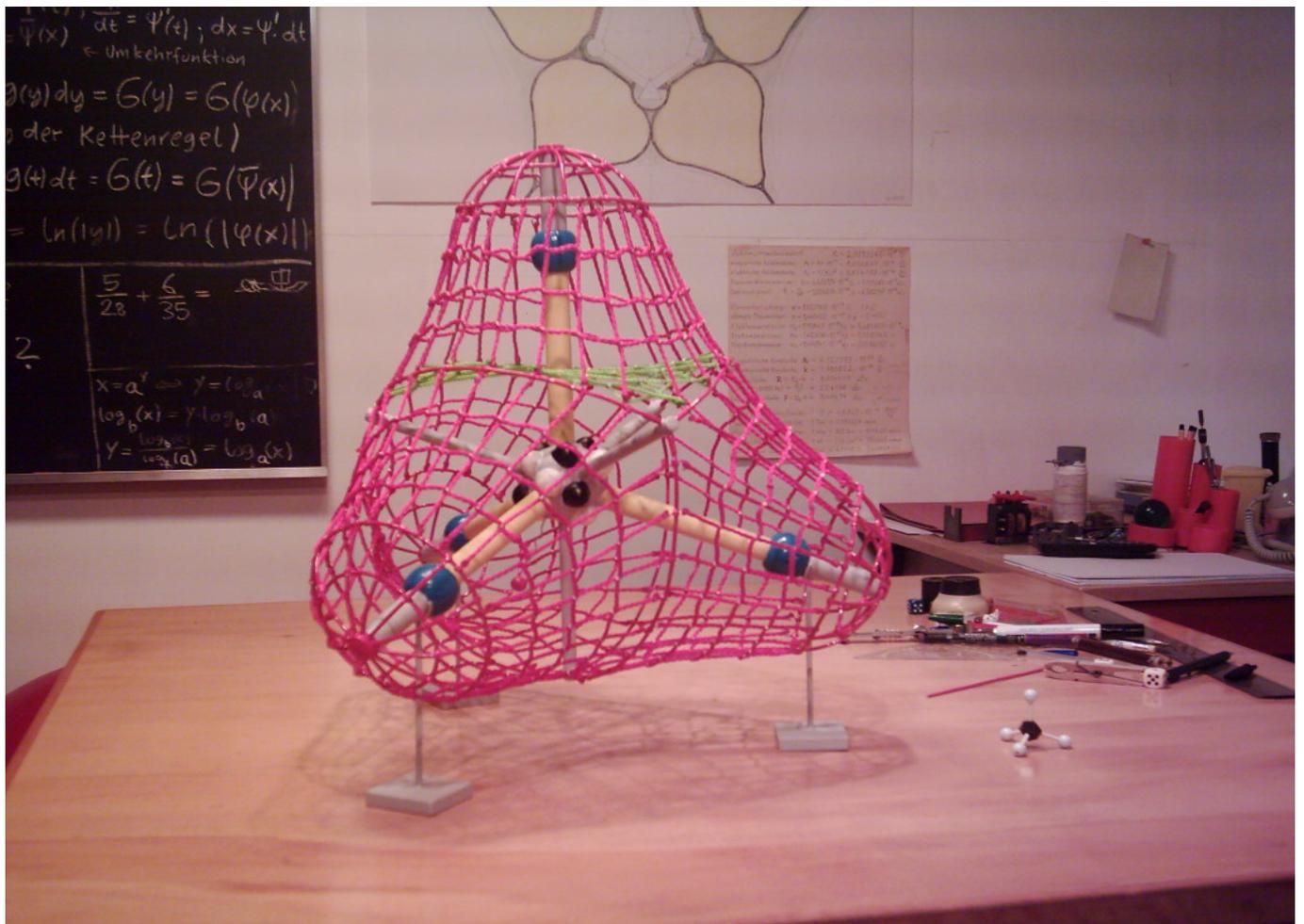






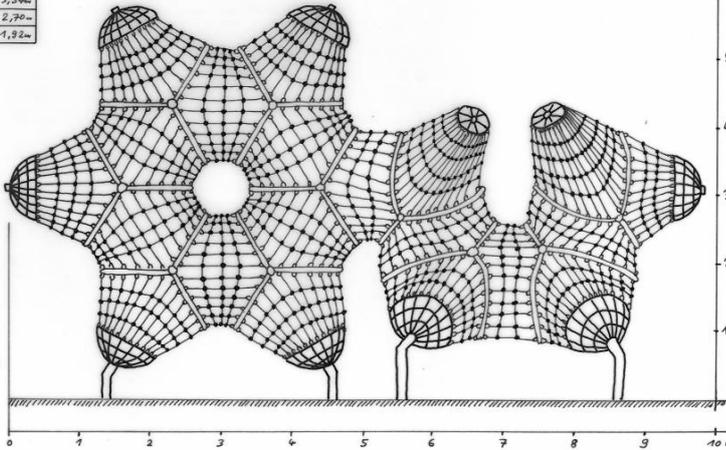
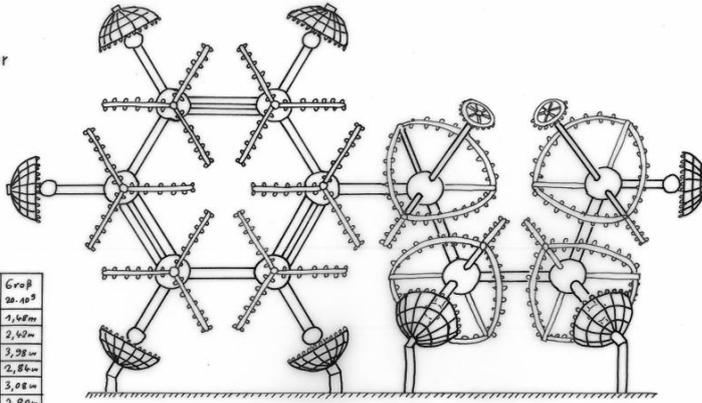






Klettermolekül
Benzol - Ethanol - Ether
Wolfgang Renner
© 15. 4. 2014

Bindung	Natur nm	Zeichnung cm	Klein 10 ⁻¹⁰ m	Mittel 15 ⁻¹⁰ m	Groß 20 ⁻¹⁰ m
H-H	0,074	1,68	0,74nm	1,11nm	1,48nm
O=O	0,121	2,42	1,21nm	1,82nm	2,42nm
Cl-Cl	0,199	3,98	1,99nm	2,99nm	3,98nm
F-F	0,142	2,84	1,42nm	2,13nm	2,84nm
C-C	0,154	3,08	1,54nm	2,31nm	3,08nm
C=C	0,134	2,68	1,34nm	2,01nm	2,68nm
C≡C	0,121	2,42	1,21nm	1,82nm	2,42nm
C-H	0,109	2,18	1,09nm	1,64nm	2,18nm
C-O	0,143	2,86	1,43nm	2,15nm	2,86nm
C=O	0,122	2,44	1,22nm	1,83nm	2,44nm
C-Cl	0,177	3,54	1,77nm	2,66nm	3,54nm
C-F	0,135	2,70	1,35nm	2,03nm	2,70nm
H-O	0,096	1,92	0,96nm	1,44nm	1,92nm

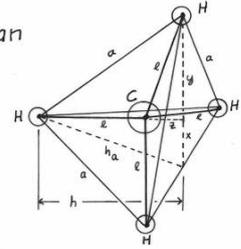


Material

- 6 * sp² Kohlenstoff
- 2 * sp³ Kohlenstoff
- 2 * sp³ Sauerstoff
- 10 * Wasserstoffendkörbe
- 18 * sp² Haltebögen
- 24 * sp³ Haltebögen
- 28 * 120° Hüllenstützen
- 4 * Sauerstoffendstützen
- ≈ 500 Knoten binder

Zur Geometrie vom Tetraeder

Methan
CH₄



$$h_a = \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{3}\right)^2} = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{9}\right)a^2} = \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot a$$

$$x = \frac{1}{3} h_a = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot a = \sqrt{\frac{2}{27}} \cdot a$$

$$y = \frac{2}{3} h_a = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot a = \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot a$$

$$h = \sqrt{a^2 - x^2} = \sqrt{\frac{8}{9}a^2 - \frac{2}{27}a^2} = \sqrt{\frac{24-2}{27}a^2} = \sqrt{\frac{22}{27}}a = \sqrt{\frac{22}{3}}a$$

$$(h-z)^2 = h^2 - 2hz + z^2 = \ell^2 = y^2 + z^2$$

$$2hz = h^2 - y^2 \Leftrightarrow z = \frac{h^2 - y^2}{2h}$$

$$z = \frac{\frac{22}{3}a^2 - \frac{8}{9}a^2}{2 \sqrt{\frac{22}{3}}a} = \frac{\frac{44-8}{9}a^2}{2 \sqrt{\frac{22}{3}}a} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{22}} a = \sqrt{\frac{3}{88}} a = \frac{1}{4} h$$

$$\ell = h - z = \frac{3}{4} h = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{22}{3}} a = \sqrt{\frac{33}{8}} a$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{33}{8}} \cdot \ell = 2 \sqrt{\frac{33}{8}} \cdot \ell \approx 1,63299 \cdot \ell$$

$$h_a = \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot a = \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot \sqrt{\frac{33}{8}} \cdot \ell = \sqrt{3} \cdot \ell = 1,73205 \cdot \ell$$

$$x = \sqrt{\frac{2}{27}} \cdot a = \sqrt{\frac{2}{27}} \cdot \sqrt{\frac{33}{8}} \cdot \ell = \sqrt{\frac{11}{36}} \cdot \ell \approx 0,55208 \cdot \ell$$

$$y = \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot a = \sqrt{\frac{8}{9}} \cdot \sqrt{\frac{33}{8}} \cdot \ell = \sqrt{3} \cdot \ell \approx 1,73205 \cdot \ell$$

$$h = \sqrt{\frac{22}{3}} \cdot a = \sqrt{\frac{22}{3}} \cdot \sqrt{\frac{33}{8}} \cdot \ell = \frac{\sqrt{66}}{2} \cdot \ell = \frac{8,16497}{2} \cdot \ell = 4,08248 \cdot \ell$$

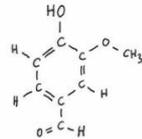
$$z = \frac{1}{4} \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \frac{\sqrt{66}}{2} \cdot \ell = \frac{\sqrt{66}}{8} \cdot \ell = \frac{4,08248}{8} \cdot \ell = 0,51031 \cdot \ell$$

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{a/\ell}{2}\right) = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{\sqrt{22/3} \cdot \ell}{2 \cdot \ell}\right)$$

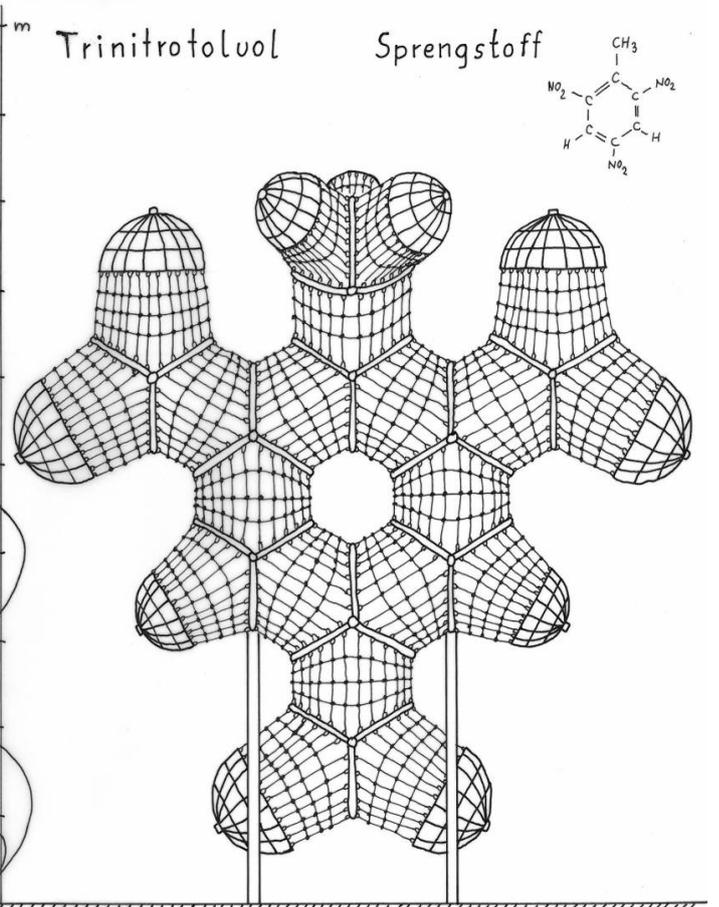
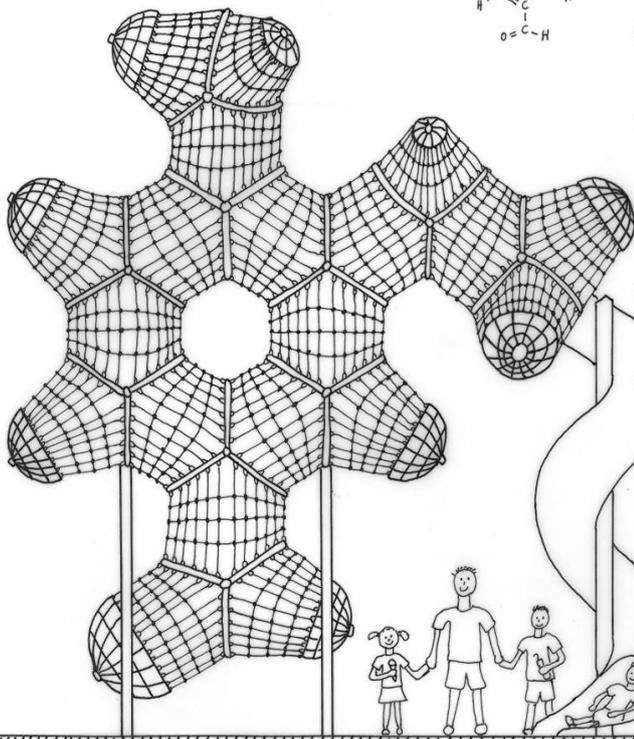
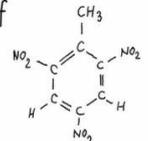
$$= 2 \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{22}{3}}\right) = 2 \cdot 54,7356^\circ$$

$$= 109,47121^\circ \text{ Tetraederwinkel}$$

Vanilin Aromastoff



Trinitrotoluol Sprengstoff



Explosionsdarstellung der Einzelteile

sp² - hybridisierter Kohlenstoff mit 2 Hüllenstützen und 3 Hüllenbögen

(180°)

Kunststoffaußenhalskugel
Stahlaufgehalskugel (tragendes Teil)

Komplett montierter Kohlenstoffkern

Außenhalskugel aus Stahl
Außenhalskugel aus Kunststoff mit evakuierten Nukleonenkalotten

Ethin
sp¹

Ethen
sp²

Ethan
sp³

S + P_x + P_y + P_z

© 16.5.2014 Wolfgang Renner

Größen	Klein	Mittel	Groß
Innenkugel DA, DE; M	30, 28 cm; 24kg	45, 43 cm; 46kg	60, 58 cm; 84kg
Außenkugel DA, DE; M	60, 58 cm; 84kg	90, 88 cm; 130kg	120, 118; 310 kg
Summenmasse mit Versteifungen	≈ 150 Kg	≈ 300 Kg	≈ 600 Kg
Einfachbindungs Zapfen DA, DE; E	18, 15, 50 cm	28, 25, 75 cm	38, 35, 100 cm
Einfachbindungs Zapfenmasse	≈ 2.30 = 60kg	≈ 2.75 = 150kg	≈ 2.140 = 280kg
Doppelbindungs Zapfen DA, DE; E	12, 9, 50 cm	19, 16, 75 cm	26, 23, 100 cm
Doppelbindungs Zapfenmasse	≈ 2.20 = 40kg	≈ 2.50 = 100kg	≈ 2.90 = 180kg
Hüllenstützen Zapfen DA, DE; E	10, 7, 40 cm	14, 11, 60 cm	22, 19, 80 cm
Hüllenstützen Zapfenmasse	≈ 2.13 = 26kg	≈ 2.28 = 56kg	≈ 2.62 = 124kg
Hüllenstützen Röhre DA, DE; E	12, 10, 80 cm	16, 14, 120 cm	24, 22, 160 cm
Hüllenstützen Röhrenmasse	≈ 2.22 = 44kg	≈ 2.45 = 90kg	≈ 2.90 = 180kg
Hüllenbögen Röhre DA, DE; E	6, 5, 300 cm	9, 8, 450 cm	12, 11, 600 cm
Hüllenbögen Masse	≈ 3.20 = 60kg	≈ 3.50 = 150kg	≈ 3.90 = 270kg
Gesamtmasse	≈ 400 Kg	≈ 900 Kg	≈ 1700 Kg
Einfachbindungs Röhre DA, DE; E	20, 18, 80 cm	30, 28, 120 cm	40, 38, 160 cm
Einfachbindungs Röhrenmasse	≈ 2.40 = 80kg	≈ 2.90 = 180kg	≈ 2.160 = 320kg
Doppelbindungs Röhre DA, DE; E	14, 12, 80 cm	21, 19, 120 cm	28, 26, 160 cm
Doppelbindungs Röhrenmasse	≈ 2.25 = 50kg	≈ 2.60 = 120kg	≈ 2.140 = 220kg

sp³ - hybridisierter Kohlenstoffkern mit 4 Hüllenstützen und 6 Hüllenbögen (109,5°)

Die Außenkugeln sind in vier tetraedrische Teilkalotten zerlegt. Stahlkalotten zusammenschweißen Plastikkalotten aufschrauben.

Komplett montierter Kohlenstoff Kern

Kohlenstoff besitzt normalerweise 12 Nukleonen. Das heißt jede der vier Kalotten aus grobem Kunststoff bekommt 3 Nukleonen, welche als Kugelkalotten hervorstehen. Neutronen werden immer weiß gestrichelt. Die Protonen sind farbige. Beim Kohlenstoff schwarz, beim Sauerstoff rot, beim Schwefel gelb, usw.

Kohlenstoffkern mit Hüllenstützen und Hüllenbögen an denen sich die Ösen für die Hüllen- und Zwischenabnahmen befinden

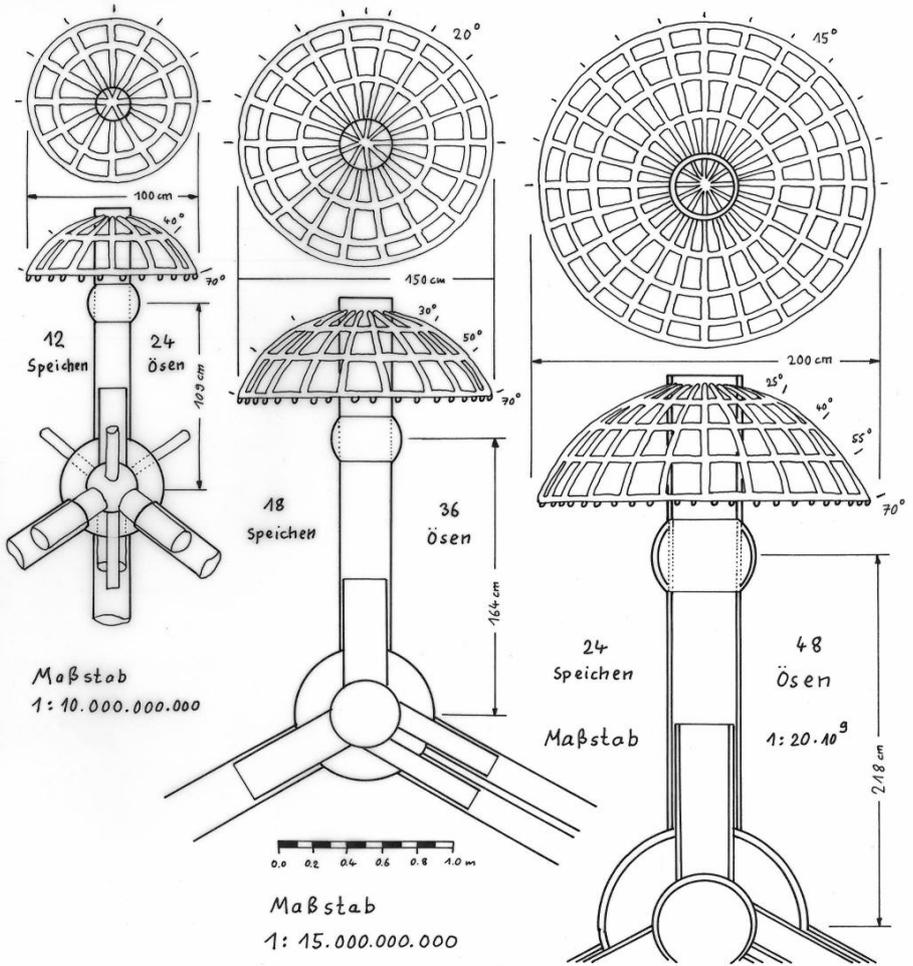
Maße für kleine Größe

© 9.5.2014 Wolfgang Renner

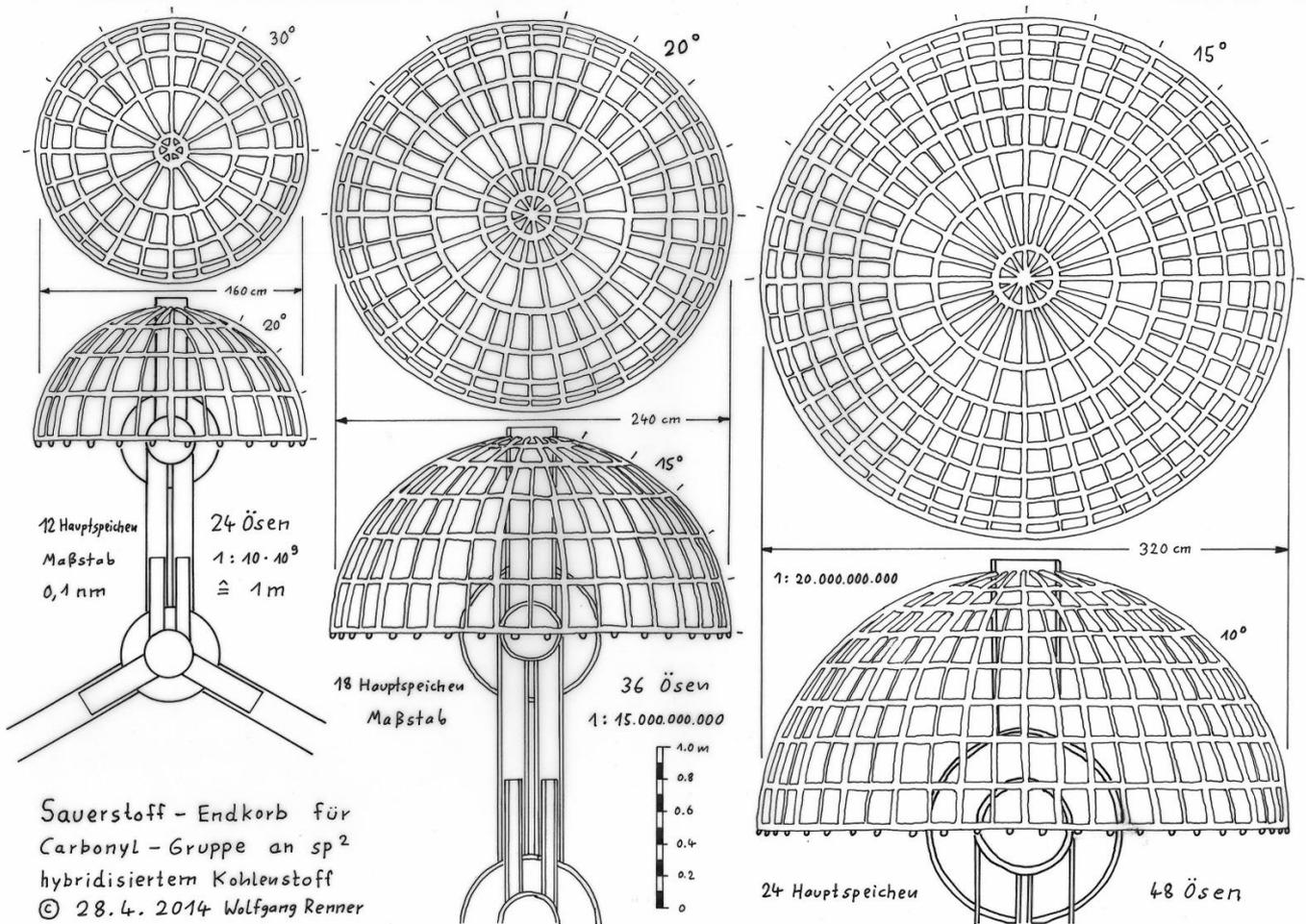
Größen	Klein	Mittel	Groß
Innenkugel RA; RI; M	15; 14 cm; 20kg	20; 19 cm; 45kg	30; 29 cm; 100kg
Außenkugel RA; RI; M	30; 29 cm; 80kg	40; 39 cm; 180kg	60; 59 cm; 400kg
Mit Aussteifungen Gesamtmasse	≈ 150 Kg	≈ 300 Kg	≈ 600 Kg
Bindungs Zapfen DA; DE; E	18; 15; 45 cm	28; 25; 60 cm	38; 35; 90 cm
Bindungs Zapfen Gesamtmasse	4 * 30 ≈ 120kg	4 * 60 ≈ 240kg	4 * 120 ≈ 500kg
Hüllenstützen DA; DE; E	8; 6; 35 cm	13; 11; 50 cm	18; 16; 70 cm
Hüllenstützen Gesamtmasse	4 * 6 ≈ 25kg	4 * 15 ≈ 60kg	4 * 30 ≈ 120kg
Hüllenstützen Röhre DA; DE; E	10; 8; 75 cm	15; 13; 115 cm	20; 18; 145 cm
Hüllenstützen Röhrenmasse	4 * 15 ≈ 60kg	4 * 30 ≈ 120kg	4 * 60 ≈ 240kg
Hüllenbögen DA; DE; E	6; 5; 180 cm	9; 8; 270 cm	12; 11; 360 cm
Hüllenbögen Gesamtmasse	6 * 12 ≈ 70kg	6 * 25 ≈ 150kg	6 * 50 ≈ 300kg
Atomkern Gesamtmasse	≈ 450 Kg	≈ 900 Kg	≈ 1800 Kg
Hauptbindungs Röhre DA; DE; E	20; 18; 90 cm	30; 28; 145 cm	40; 38; 180 cm
Bindungsrohr Gesamtmasse	≈ 40 Kg	≈ 100 Kg	≈ 170 Kg
Bindungsrohr Gesamtmasse	4 * 40 ≈ 160kg	4 * 100 ≈ 400kg	4 * 170 ≈ 700kg
Zirkummasse pro Kohlenstoffkern	≈ 500 Kg	≈ 1000 Kg	≈ 2000 Kg
Leichte Auflösung	≈ 300 Kg	≈ 600 Kg	≈ 1500 Kg
Schwere Auflösung	≈ 700 Kg	≈ 1400 Kg	≈ 2500 Kg

Größen	Klein	Mittel	Groß
Maßstab	1: 10 · 10 ⁹	1: 15 · 10 ⁹	1: 20 · 10 ⁹
Radius R	50 cm	75 cm	100 cm
Speichen n	12	18	24
Speichenbogen Einzellänge	61 cm	92 cm	122 cm
Speichenbogen Gesamtlänge	7,33 m	16,49 m	29,32 m
$\alpha_1 : S_1$	40°: 32,1 cm	30°: 37,5 cm	25°: 42,3 cm
$\alpha_2 : S_2$	70°: 47,0 cm	50°: 57,5 cm	40°: 62,3 cm
$\alpha_3 : S_3$		70°: 70,5 cm	55°: 81,9 cm
$\alpha_4 : S_4$			70°: 94,0 cm
Umfang U ₁	2,02 m	2,36 m	2,66 m
Umfang U ₂	2,95 m	3,61 m	4,04 m
Umfang U ₃		4,43 m	5,15 m
Umfang U ₄			5,90 m
Ringbogen Gesamtlänge	4,97 m	10,40 m	17,75 m
Ringbogen Gesamtlänge	12,30 m	26,89 m	47,07 m
Ringbogen Gesamtlänge	≈ 50 kg	≈ 100 kg	≈ 170 kg
Hauptrohr e. - d.	150-20-100 cm	220-30-125 cm	270-40-150 cm
Hauptrohr Masse	≈ 75 kg	≈ 220 kg	≈ 400 kg
Wasserstoff Gesamtlänge	≈ 125 kg	≈ 320 kg	≈ 570 kg

Sauerstoff R	80 cm	120 cm	160 cm
Hauptspeichen	12	18	24
Ringbögen	4	6	8
Ringbogen Gesamtlänge	≈ 30 m	≈ 60 m	≈ 120 m
Ringbogen Gesamtlänge	≈ 120 kg	≈ 240 kg	≈ 480 kg
Hauptrohr Masse	≈ 180 kg	≈ 260 kg	≈ 320 kg
Sauerstoff Gesamtlänge	≈ 300 kg	≈ 500 kg	≈ 800 kg

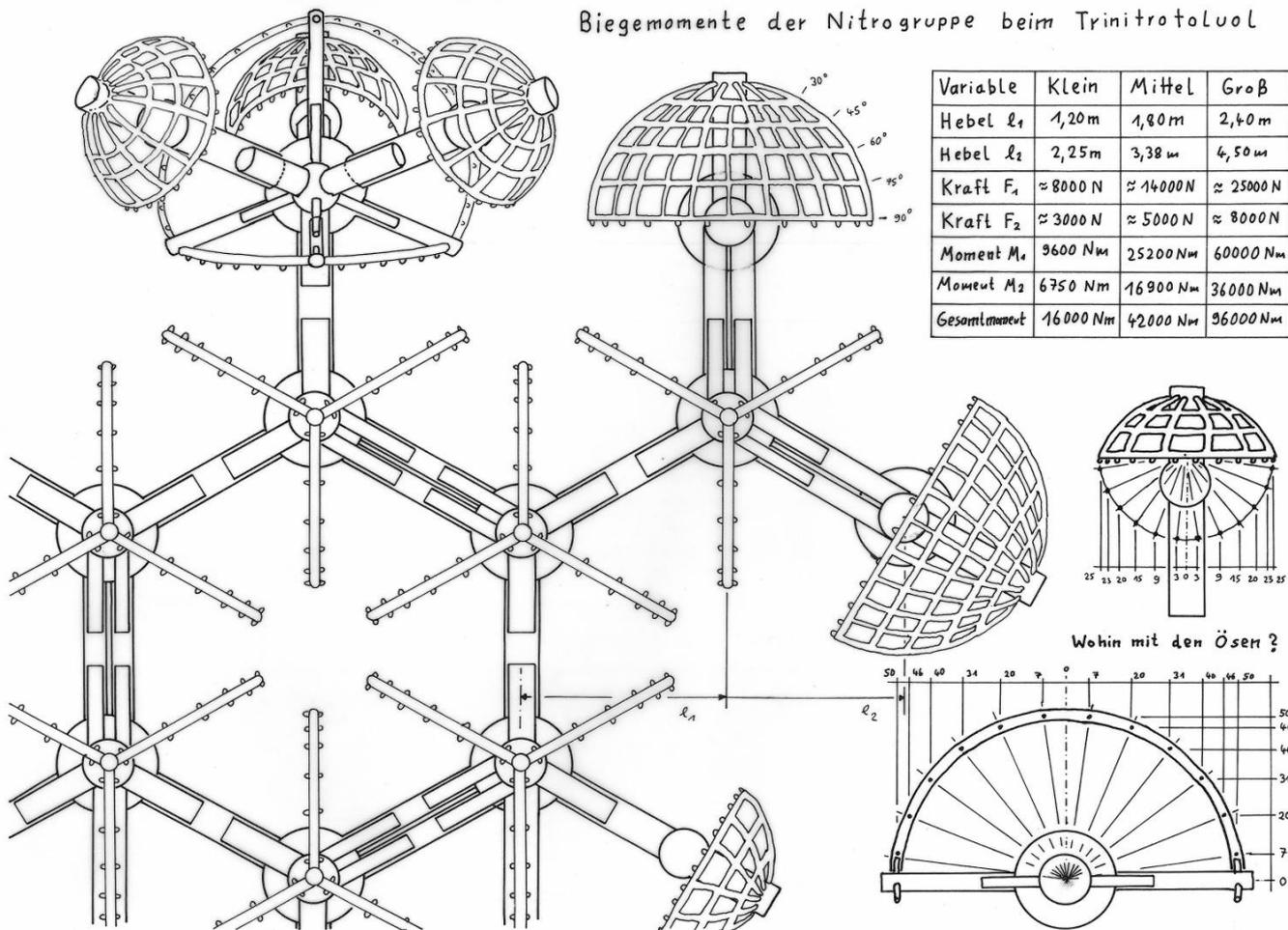


Wasserstoff - Endkorb für alle Positionen an sp² und sp³ hybridisiertem Kohlenstoff
© 2.5.2014 Wolfgang Renner

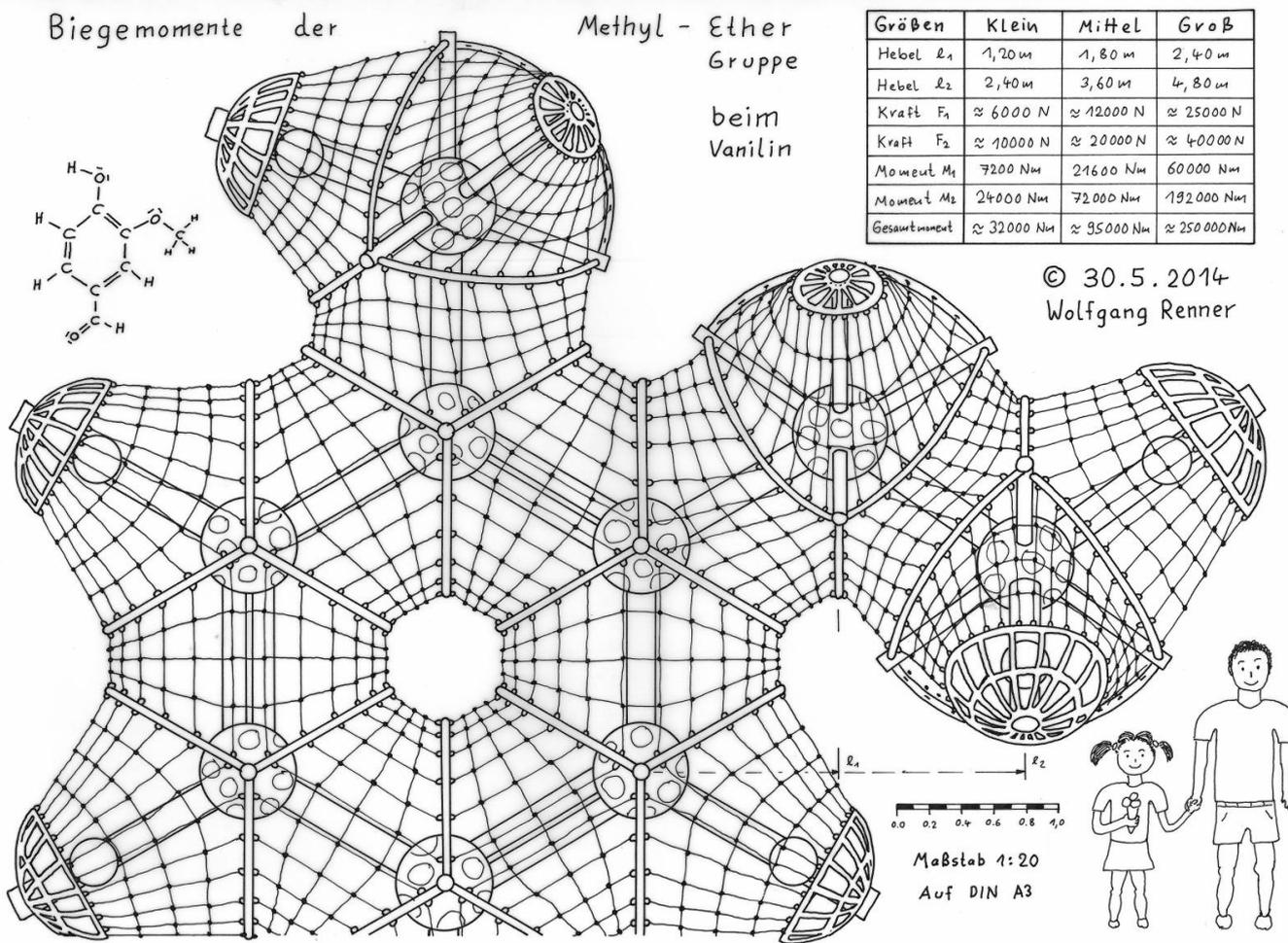


Sauerstoff - Endkorb für Carbonyl - Gruppe an sp² hybridisiertem Kohlenstoff
© 28.4.2014 Wolfgang Renner

Biegemomente der Nitrogruppe beim Trinitrotoluol



Biegemomente der Methyl - Ether Gruppe beim Vanilin



Festigkeitsbetrachtung von Rohrteilen © 15.6.2014 Wolfgang Renner

Widerstandsmoment von Rundrohr: $W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D}$ Zulässiges Biegemoment: $M_b = W \cdot \sigma_b = 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 100 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 27.500 \text{ Nm}$ für Baustahl St 37

Einfachbindungen Hauptrohr

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,20\text{m})^4 - (0,18\text{m})^4}{10 \cdot 0,20\text{m}} = 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,30\text{m})^4 - (0,28\text{m})^4}{10 \cdot 0,30\text{m}} = 6,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,40\text{m})^4 - (0,38\text{m})^4}{10 \cdot 0,40\text{m}} = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Einfachbindungen Zapfen

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,18\text{m})^4 - (0,15\text{m})^4}{10 \cdot 0,18\text{m}} = 3,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,28\text{m})^4 - (0,25\text{m})^4}{10 \cdot 0,28\text{m}} = 8,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,38\text{m})^4 - (0,35\text{m})^4}{10 \cdot 0,38\text{m}} = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Doppelbindungen Hauptrohre

$$W = \frac{D^4 - d^4}{5 \cdot D} = \frac{(0,14\text{m})^4 - (0,12\text{m})^4}{5 \cdot 0,14\text{m}} = 2,53 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{5 \cdot D} = \frac{(0,21\text{m})^4 - (0,19\text{m})^4}{5 \cdot 0,21\text{m}} = 6,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{5 \cdot D} = \frac{(0,28\text{m})^4 - (0,26\text{m})^4}{5 \cdot 0,28\text{m}} = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Doppelbindungen Zapfen

$$W = \frac{D^4 - d^4}{5 \cdot D} = \frac{(0,12\text{m})^4 - (0,09\text{m})^4}{5 \cdot 0,12\text{m}} = 2,36 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{5 \cdot D} = \frac{(0,19\text{m})^4 - (0,16\text{m})^4}{5 \cdot 0,19\text{m}} = 6,82 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{5 \cdot D} = \frac{(0,26\text{m})^4 - (0,23\text{m})^4}{5 \cdot 0,26\text{m}} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Hüllenstützen Hauptrohr

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,10\text{m})^4 - (0,08\text{m})^4}{10 \cdot 0,10\text{m}} = 5,90 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,15\text{m})^4 - (0,13\text{m})^4}{10 \cdot 0,15\text{m}} = 1,47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,20\text{m})^4 - (0,18\text{m})^4}{10 \cdot 0,20\text{m}} = 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Hüllenstützen Zapfen

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,08\text{m})^4 - (0,05\text{m})^4}{10 \cdot 0,08\text{m}} = 4,34 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,13\text{m})^4 - (0,10\text{m})^4}{10 \cdot 0,13\text{m}} = 1,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,18\text{m})^4 - (0,15\text{m})^4}{10 \cdot 0,18\text{m}} = 3,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Hüllenbögen Hauptrohr

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,05\text{m})^4 - (0,05\text{m})^4}{10 \cdot 0,05\text{m}} = 1,12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,09\text{m})^4 - (0,08\text{m})^4}{10 \cdot 0,09\text{m}} = 2,74 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,12\text{m})^4 - (0,11\text{m})^4}{10 \cdot 0,12\text{m}} = 5,08 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

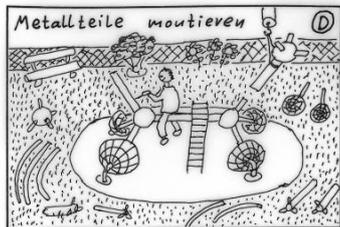
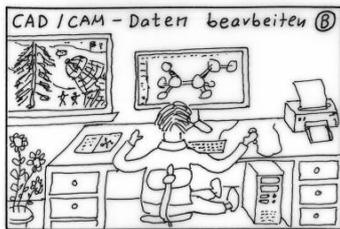
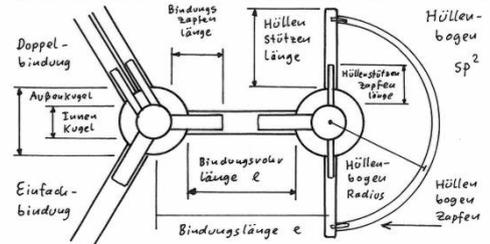
Hüllenbögen Zapfen

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,05\text{m})^4 - (0,03\text{m})^4}{10 \cdot 0,05\text{m}} = 1,09 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,08\text{m})^4 - (0,06\text{m})^4}{10 \cdot 0,06\text{m}} = 4,67 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10 \cdot D} = \frac{(0,11\text{m})^4 - (0,09\text{m})^4}{10 \cdot 0,11\text{m}} = 7,34 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Größen	Klein	Mittel	Groß
Einfachbindungen Rohr D, d, l	20, 18, 90 cm	30, 28, 135 cm	40, 38, 180 cm
Biegemomente Rohr M _b	27.500 Nm	65.100 Nm	119.000 Nm
Einfachbindungen Zapfen D, d, l	18, 15, 45 cm	28, 25, 70 cm	38, 35, 90 cm
Biegemomente Zapfen M _b	30.200 Nm	80.000 Nm	154.000 Nm
Doppelbindungen Rohr D, d, l	14, 12, 90 cm	21, 19, 135 cm	28, 26, 180 cm
Biegemomente Rohr M _b	25.300 Nm	61.100 Nm	113.000 Nm
Doppelbindungen Zapfen D, d, l	12, 9, 45 cm	19, 16, 75 cm	26, 23, 90 cm
Biegemomente Zapfen M _b	23.600 Nm	68.200 Nm	136.000 Nm
Hüllenstützen Rohr D, d, l	10, 8, 75 cm	15, 13, 115 cm	20, 18, 150 cm
Biegemomente Rohr M _b	5.900 Nm	14.700 Nm	27.500 Nm
Hüllenstützen Zapfen D, d, l	8, 5, 35 cm	13, 10, 55 cm	18, 15, 70 cm
Biegemomente Zapfen M _b	4.340 Nm	14.300 Nm	30.200 Nm
Hüllenbögen Rohr D, d, l	6, 5, 300 cm	8, 8, 450 cm	12, 11, 600 cm
Biegemomente Rohr M _b	1.120 Nm	2.740 Nm	5.080 Nm
Hüllenbögen Zapfen D, d, l	5, 3, 15 cm	8, 6, 25 cm	11, 9, 30 cm
Biegemomente Zapfen M _b	1.090 Nm	4.670 Nm	7.340 Nm
Außenkugel D, d	60, 58 cm	90, 88 cm	120, 118 cm
Innenkugel D, d	30, 28 cm	45, 43 cm	60, 58 cm
Bindungslänge Gesamt e	≈ 150 cm	≈ 225 cm	≈ 300 cm
Hüllenbogen Radius R _H	≈ 100 cm	≈ 150 cm	≈ 200 cm



- Spielgeräte Firma**
- (A) Auftrag annehmen
 - (B) CAD/CAM bearbeiten
 - (C) Spielplatz vorbereiten

- Metallbau Firma**
- (1) Kugelteile tiefziehen
 - (2) Roboter zuschnitt
 - (3) Schweißen
 - (4) Schleifen
 - (5) Verzinken
 - (6) Pulverbeschichten
 - (7) Nukleonen 3D-Drucken
 - (8) Versandfertig machen

- (D) Metallgerüst montieren
- (E) Kletternetze einbinden

Produktionsabläufe für Klettermoleküle © 15.7.2014 Wolfgang Renner

