

Messtechniklabor:

Digitales Messen

Dipl.-Ing. Jürgen Beumelburg

AGENDA

- 1) Aufgabe Versuch 7 - Versuchsauswertung
- 2) Sensoren
- 3) Anzeigeeinheiten
- 4) A/D Wandler
- 5) Messen am Oszilloskop
- 6) Stoßdämpferversuch

Messung am Oszilloskop

Die Messergebnisse einer Periodendauer sind wie folgt auszuwerten:

1. Bestimmung der Frequenz des Messsignals

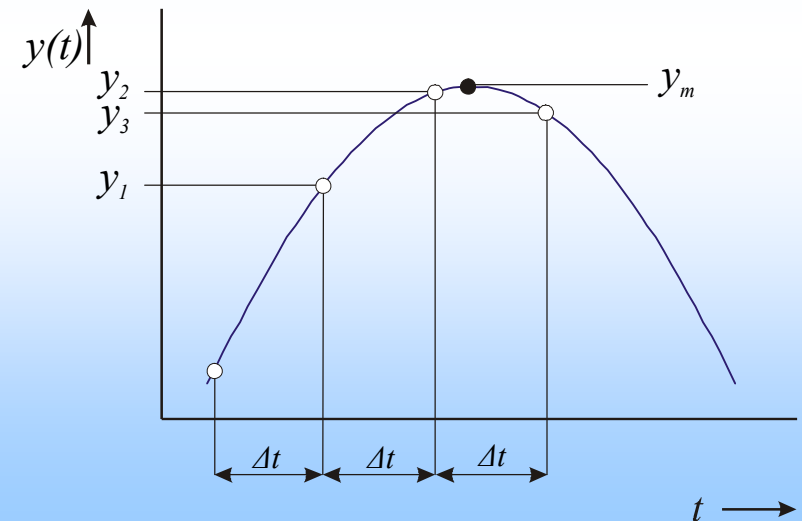
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(n_6 - n_0 - \Delta_1 + \Delta_2) * \Delta t_{mess}}$$

2. Bestimmung der Anzahl der Nulldurchgänge einer Periode INULL

3. Bestimmung der Maxima Max1, Max2, Max3

4. Bestimmung der Minima Min1, Min2, Min3

$$y_m = y_2 - \frac{(y_1 - y_3)^2}{8 * (y_1 - 2y_2 + y_3)}$$



Stoßdämpfer

1. Berechnen Sie aus den ausgegebenen Messwerten (Anzahl = 10) die jeweiligen physikalischen Größen und die dazugehörige Versuchszeit (1. Messwert $IY(1)$ zur Zeit $t = 0$). Tragen Sie diese Werte in den Plot $s = s(t)$, $F = F(t)$ ein.
2. Zeichnen Sie anhand der vom Drucker ausgegebenen Werte $s(t)$ und $F(t)$ das Kraft-Weg-Diagramm.
3. Bestimmen Sie eine Approximation für die gemessene Kraft/Weg Kurve:
 für den Zugbereich $F_Z = c_Z * v(F \geq 0)$
 für den Druckbereich $F_D = c_D * v(F < 0)$

Die Koeffizienten c_Z bzw. c_D sind mit Hilfe der Fehlerquadratmethode zu bestimmen:

$$c_Z = \frac{\sum_i (F_i * v_i)}{\sum_i (v_i)^2} \quad \text{für } F \geq 0 ; \quad c_D = \frac{\sum_i (F_i * v_i)}{\sum_i (v_i)^2} \quad \text{für } F < 0$$

4. Mit den Koeffizienten c_Z , c_D sind die Kräfte $F_Z(t) = c_Z * v(t)$ bzw. $F_D(t) = c_D * v(t)$ zu berechnen und in das Kraft-Weg-Diagramm einzutragen.

(**Dimensionen!!!**)

AGENDA

1) Aufgabe Versuch 7 - Versuchsauswertung

2) Sensoren

3) Anzeigeeinheiten

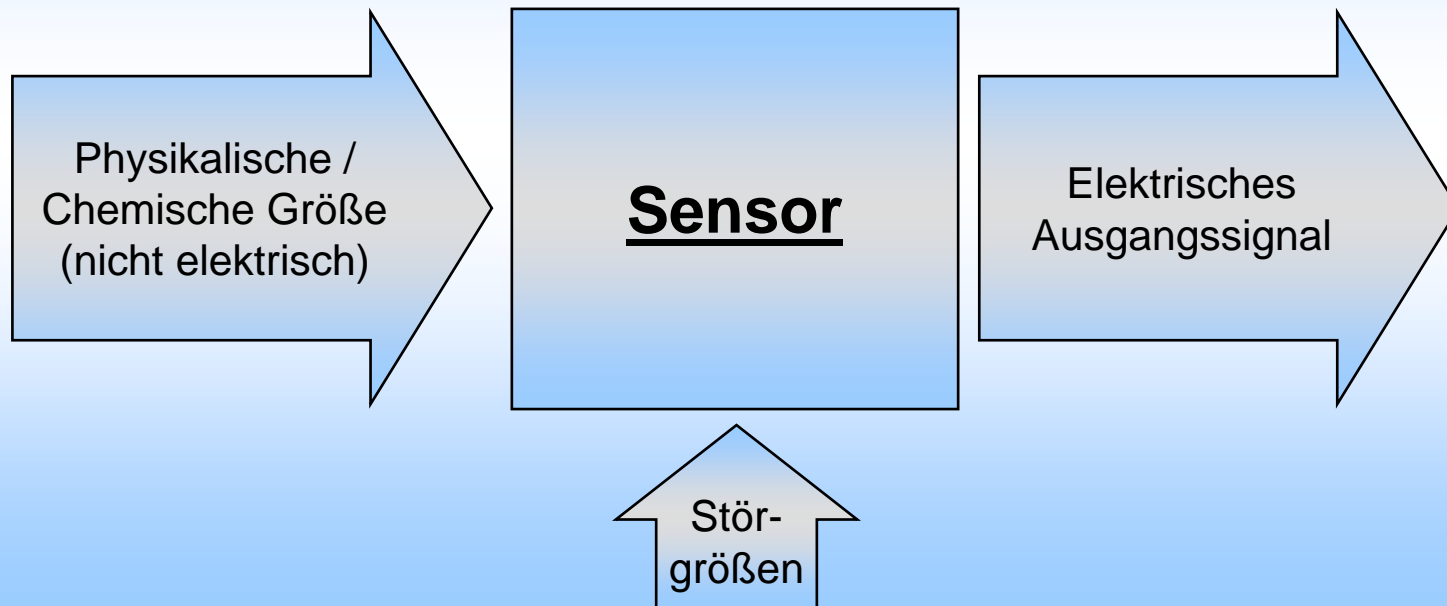
4) A/D Wandler

5) Messen am Oszilloskop

6) Stoßdämpferversuch

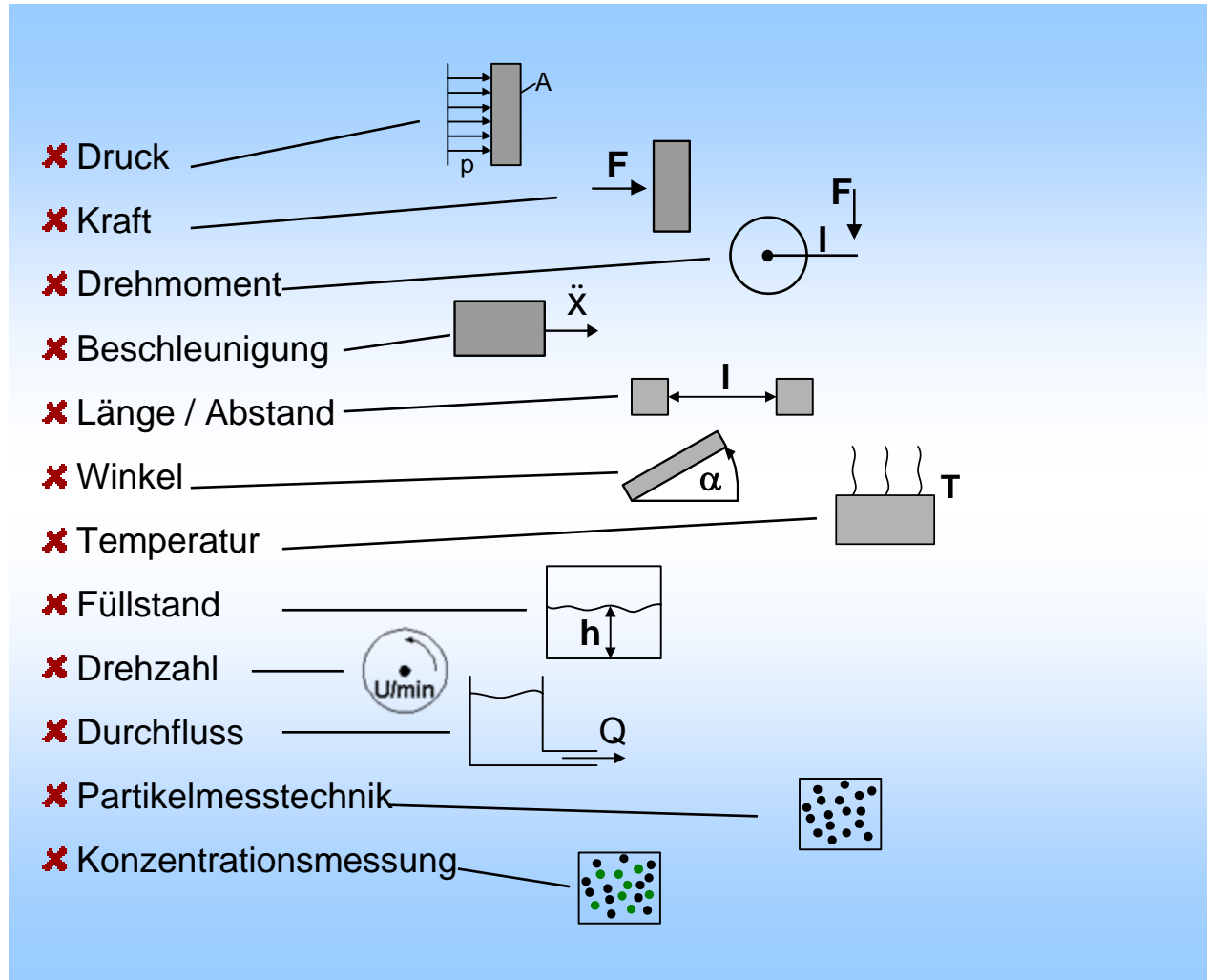
2) Sensoren

Sensoren wandeln die zu messenden physikalischen Größen (die meist nicht elektrisch sind) in ein elektrisches Messsignal um. Dabei stehen die Ausgangssignale im Zusammenhang zu den Messsignalen.



2) Sensoren

Typen von Sensoren:



Signalform des Sensor-Ausgangssignals

Klassifizierung:

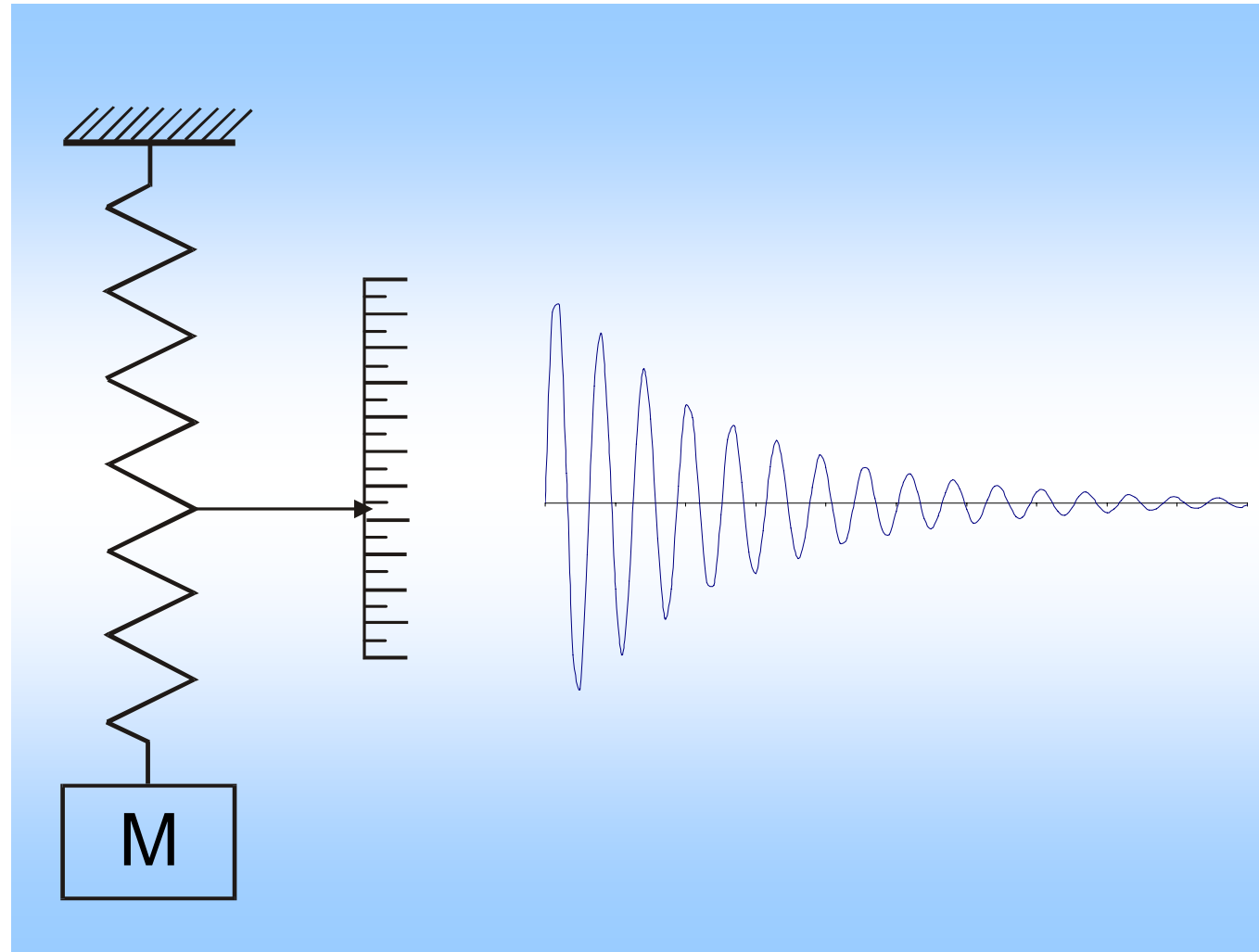
- Amplitudenanaloge Sensoren: Die Amplitude des elektrischen Ausgangssignals ist proportional zu der zu messenden physikalischen Größe.
Für alle wichtigen Messgrößen verfügbar.
- Frequenzanaloge Sensoren: Liefern ein Wechsellspannungssignal, dessen Frequenz der zu messenden physikalischen Größe proportional ist. Selten im Vergleich zu amplitudenanalogen Sensoren.
- Digitale Sensoren: Umwandlung der nichtelektrischen Messgröße in ein digitales Signal.

AGENDA

- 1) Aufgabe Versuch 7 - Versuchsauswertung
- 2) Sensoren
- 3) Anzeigeeinheiten
- 4) A/D Wandler
- 5) Versuchaufbau: Messen am Oszilloskop
- 6) Stoßdämpferversuch

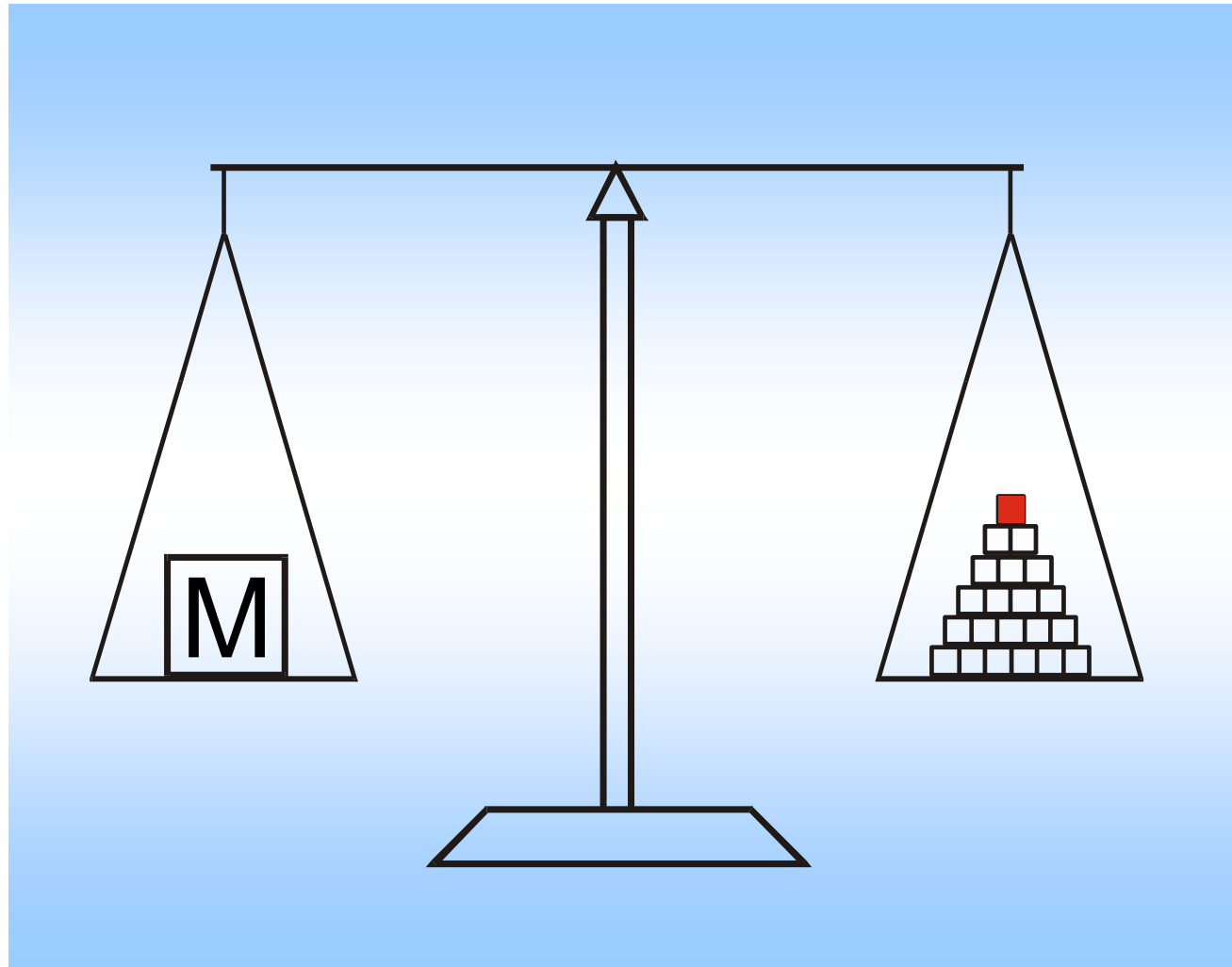
3) Anzeigeeinheiten

Analoge Anzeigeeinheit



3) Anzeigeeinheiten

Digitale Anzeigeeinheit



AGENDA

- 1) Aufgabe Versuch 7 - Versuchsauswertung
- 2) Sensoren
- 3) Anzeigeeinheiten
- 4) A/D Wandler
- 5) Messen am Oszilloskop
- 6) Stoßdämpfer

3) A/D Wandler

Sukzessive Approximation

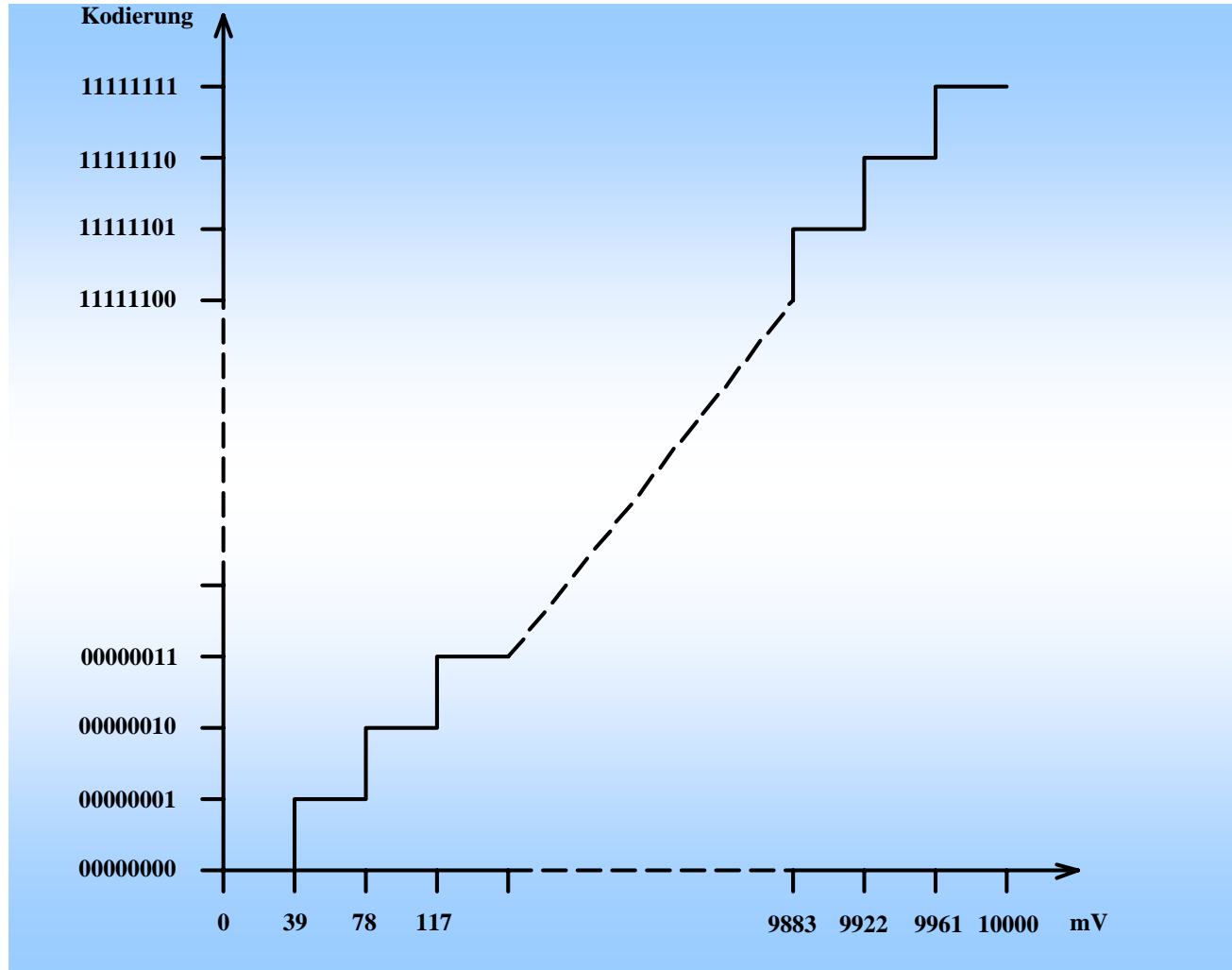
8-Bit A/D-Wandler 0-10V

1 LSB* (Digit) =

$$\frac{\text{Meßbereich}}{2^n} = \frac{10 \text{ V}}{256} = 0.0390625 \text{ V}$$

Zahlenbereich: $0 \rightarrow (2^n - 1)$

*LSB = least significant bit



3) A/D Wandler

Bisection Approximation

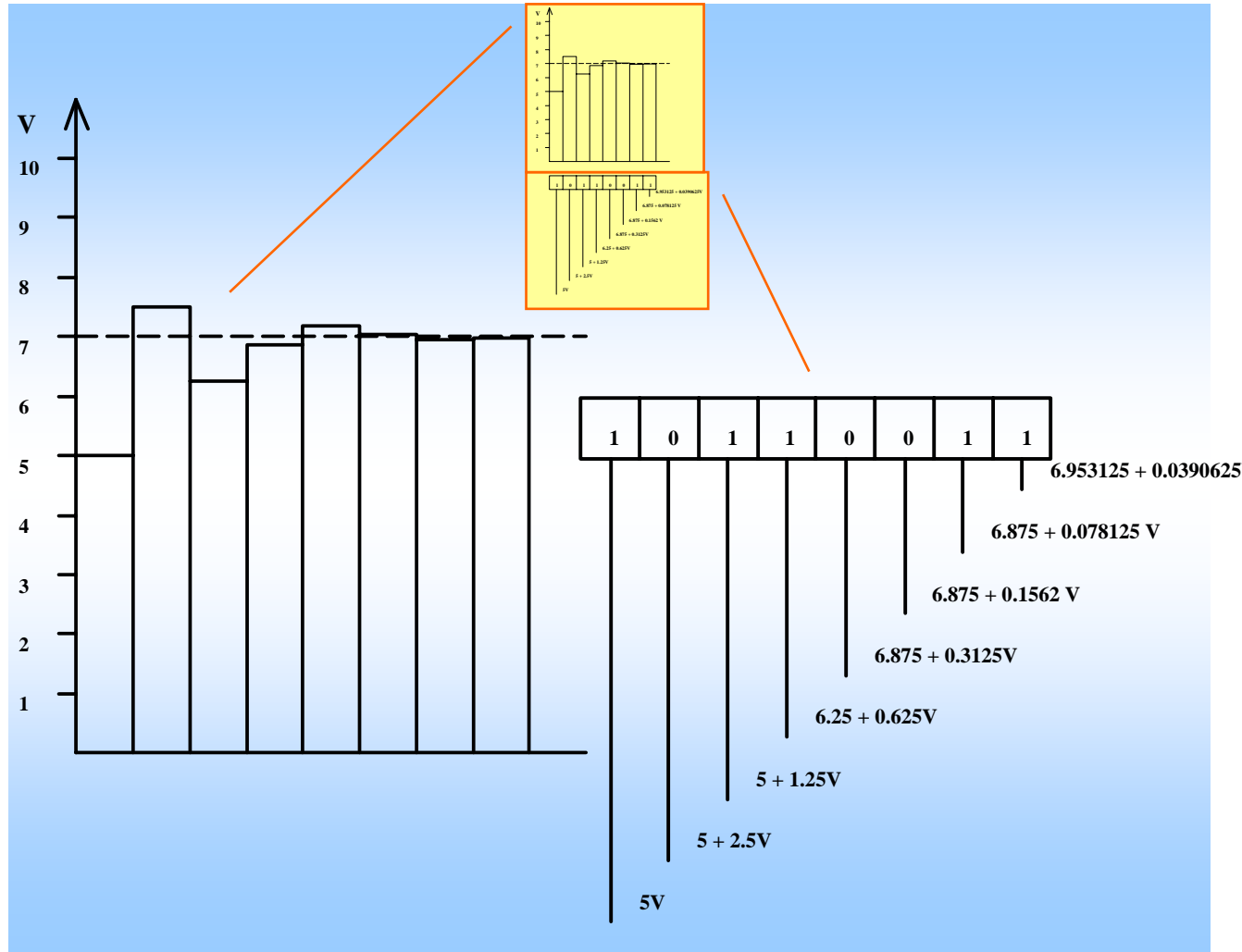
8-Bit A/D-Wandler 0-10V

1 LSB* (Digit) =

$$\frac{\text{Meßbereich}}{2^n} = \frac{10\text{ V}}{256} = 0.0390625\text{ V}$$

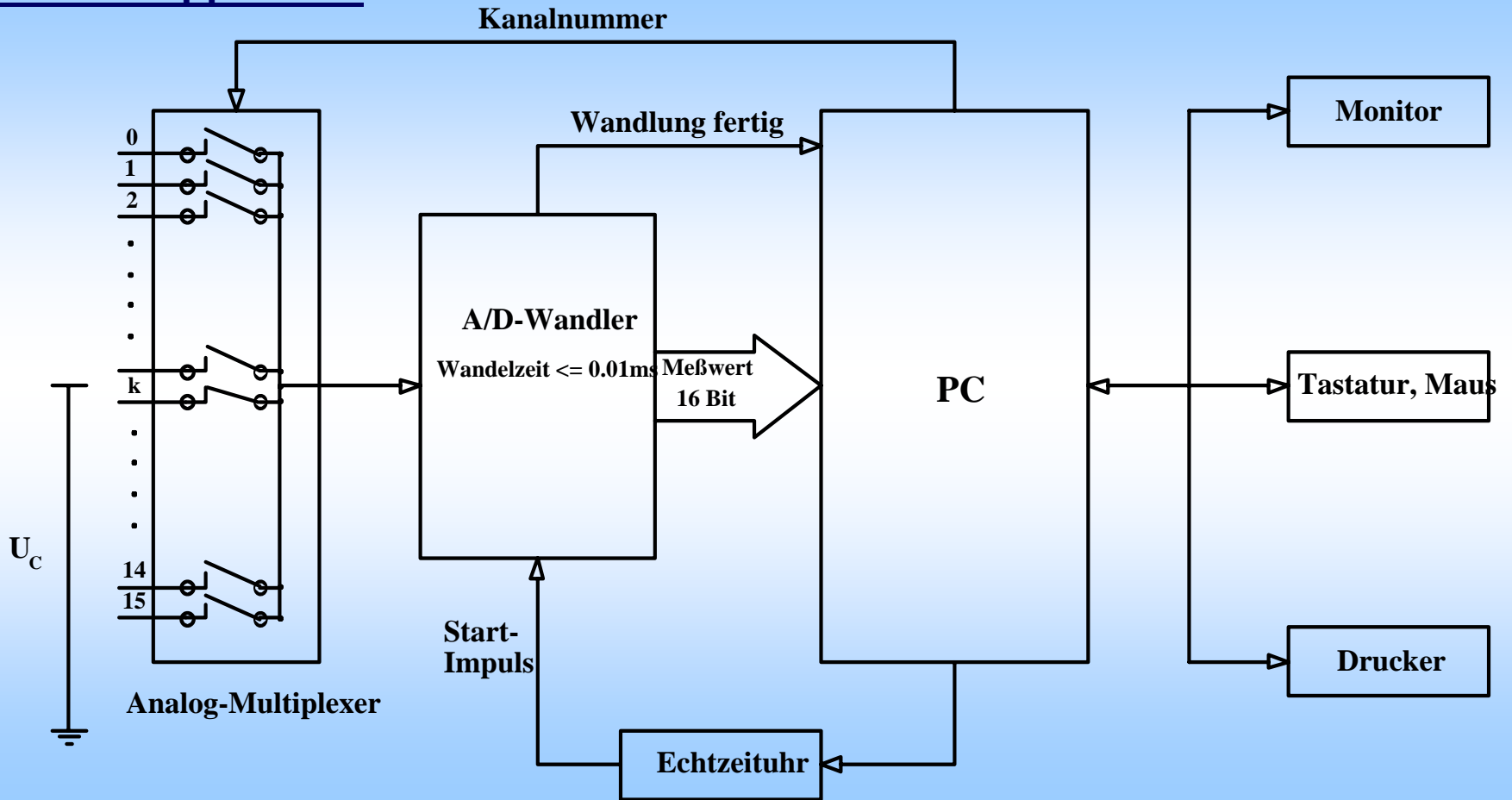
Zahlenbereich: $0 \rightarrow (2^n - 1)$

*LSB = least significant bit



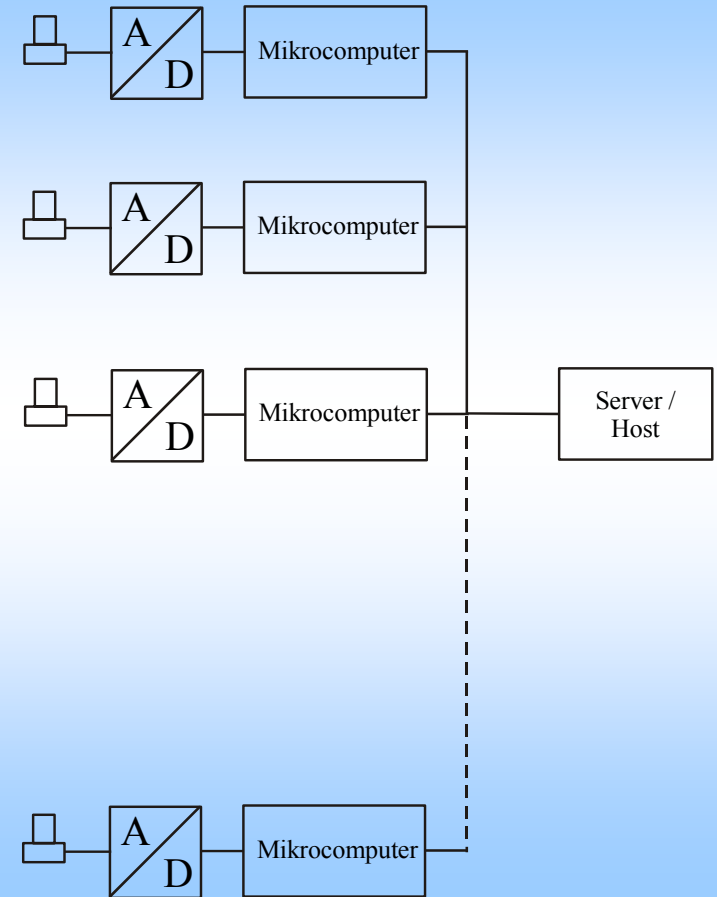
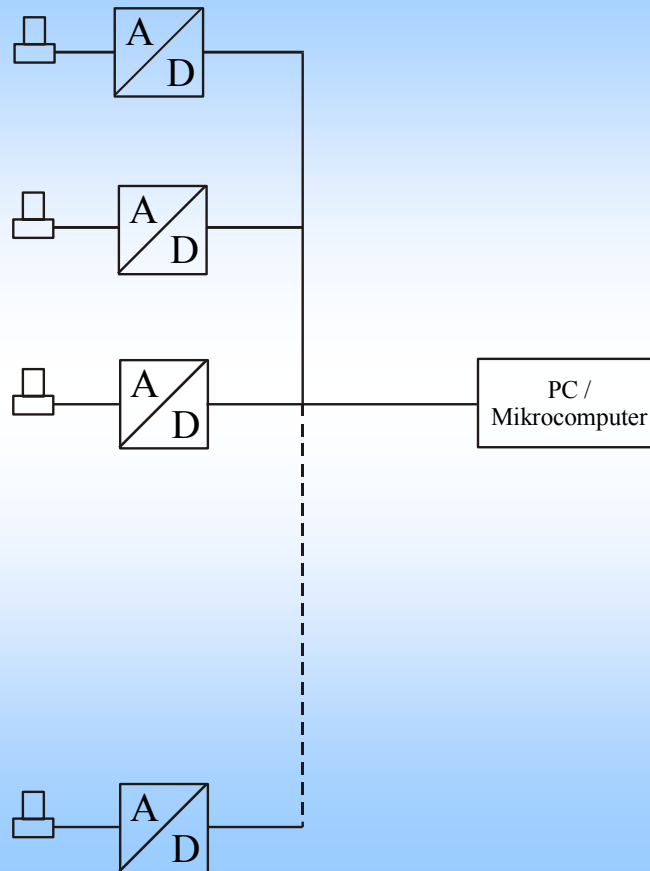
3) A/D Wandler

Aufbau Messapparatur:



3) A/D Wandler

Varianten des Messaufbaus:



AGENDA

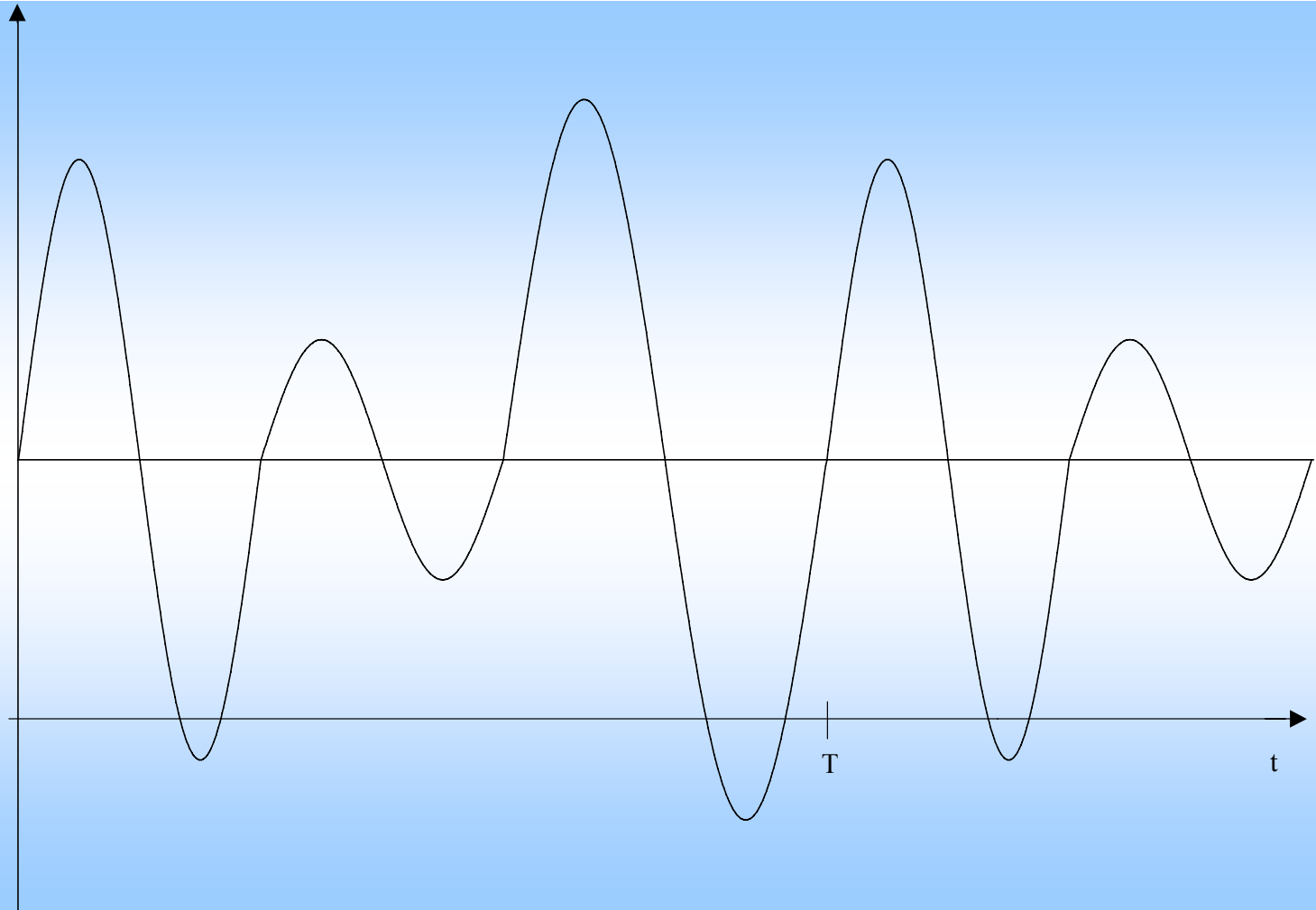
- 1) Aufgabe Versuch 7 - Versuchsauswertung
- 2) Sensoren
- 3) Anzeigeeinheiten
- 4) A/D Wandler
- 5) Messen am Oszilloskop
- 6) Stoßdämpferversuch

4) Messen am Oszilloskop

Simuliertes Signal:

$$\Delta t = \frac{T}{IMESS}$$

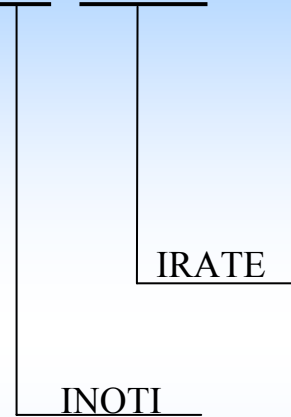
$$\Delta t = INOTI * 10^{(IRATE-7)}$$



4) Messen am Oszilloskop

Berechnung IRATE u. INOTI :

$$\Delta t = 1,5 * 10^{-3} s$$



IRATE = 1 : 1 MHz

IRATE = 2 : 100 KHz

IRATE = 3 : 10 KHz

IRATE = 4 : 1 KHz

IRATE = 5 : 100 Hz

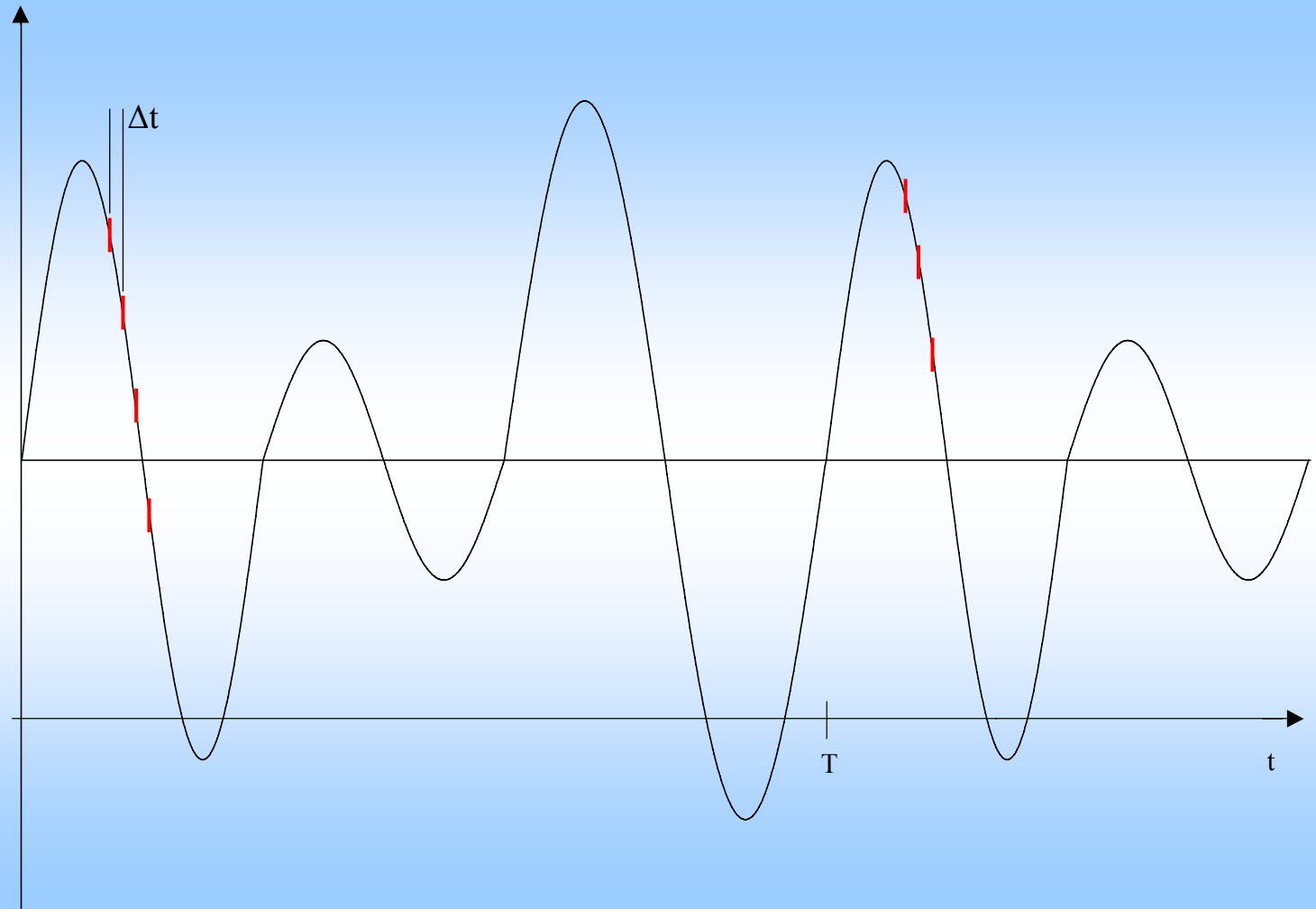
$$\Delta t = 15 * 10^{-4} s$$

4) Messen am Oszilloskop

Messung:

$$\Delta t = \frac{T}{IMESS}$$

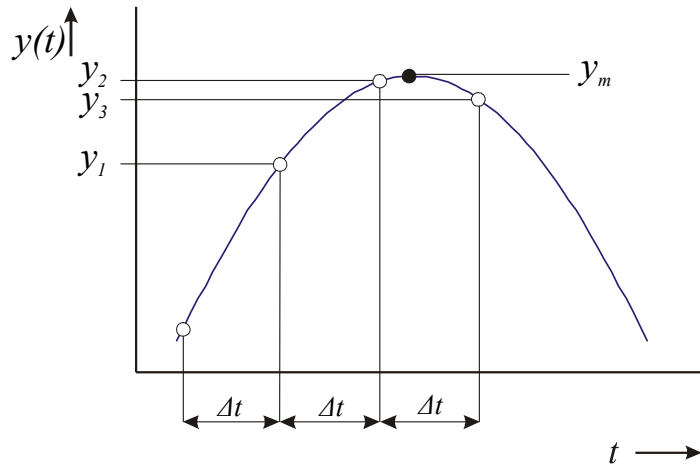
$$\Delta t = INOTI * 10^{(IRATE-7)}$$



4) Messen am Oszilloskop

Bestimmung von Max / Min:

$$y_m = y_2 - \frac{(y_1 - y_3)^2}{8 * (y_1 - 2y_2 + y_3)}$$



MESSTECHNIKLABOR Versuch V7.1, VersuchsNr. 0

Name: Beumelburg

Datum: 19-JAN-00

Uhrzeit: 14:30:32

Anzahl der Messungen (IMESS): 110

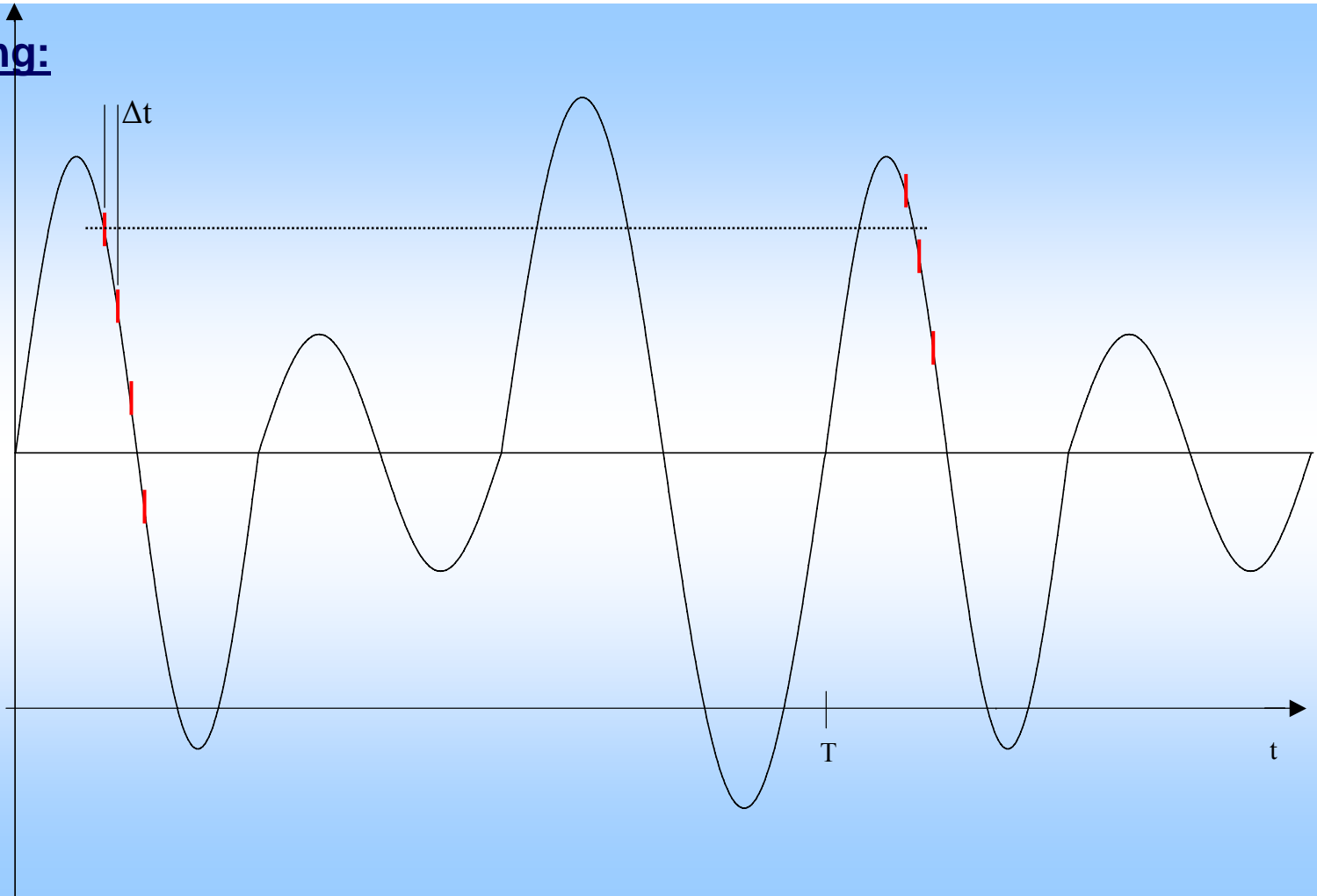
Messrate (IRATE): 2

Anzahl der Impulse (INOTI): 25

	Y(IMESS)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y(1)	2.202	1.701	1.135	0.501	-0.303	-1.270	-2.265	-3.080	-3.823	-4.342
Y(11)	-4.675	-4.812	-4.730	-4.423	-3.934	-3.293	-2.436	-1.538	-0.495	0.481
Y(21)	1.455	2.412	3.197	3.894	4.363	4.657	4.725	4.590	4.221	3.694
Y(31)	2.940	2.115	1.198	0.148	-0.516	-1.151	-1.693	-2.233	-2.658	-3.003
Y(41)	-3.275	-3.432	-3.484	-3.425	-3.264	-2.979	-2.625	-2.155	-1.656	-1.073
Y(51)	-0.479	0.118	0.759	1.320	1.891	2.351	2.742	3.073	3.278	3.391
Y(61)	3.387	3.280	3.053	2.746	2.317	1.852	1.280	0.715	0.125	-0.578
Y(71)	-1.212	-1.825	-2.281	-2.607	-2.797	-2.809	-2.635	-2.321	-1.868	-1.277
Y(81)	-0.651	0.073	0.731	1.392	1.916	2.329	2.625	2.731	2.731	2.672
Y(91)	2.089	1.555	0.966	0.260	-0.568	-1.599	-2.498	-3.282	-3.982	-4.450
Y(101)	-4.746	-4.813	-4.678	-4.305	-3.777	-3.027	-2.200	-1.284	-0.227	0.750

4) Messen am Oszilloskop

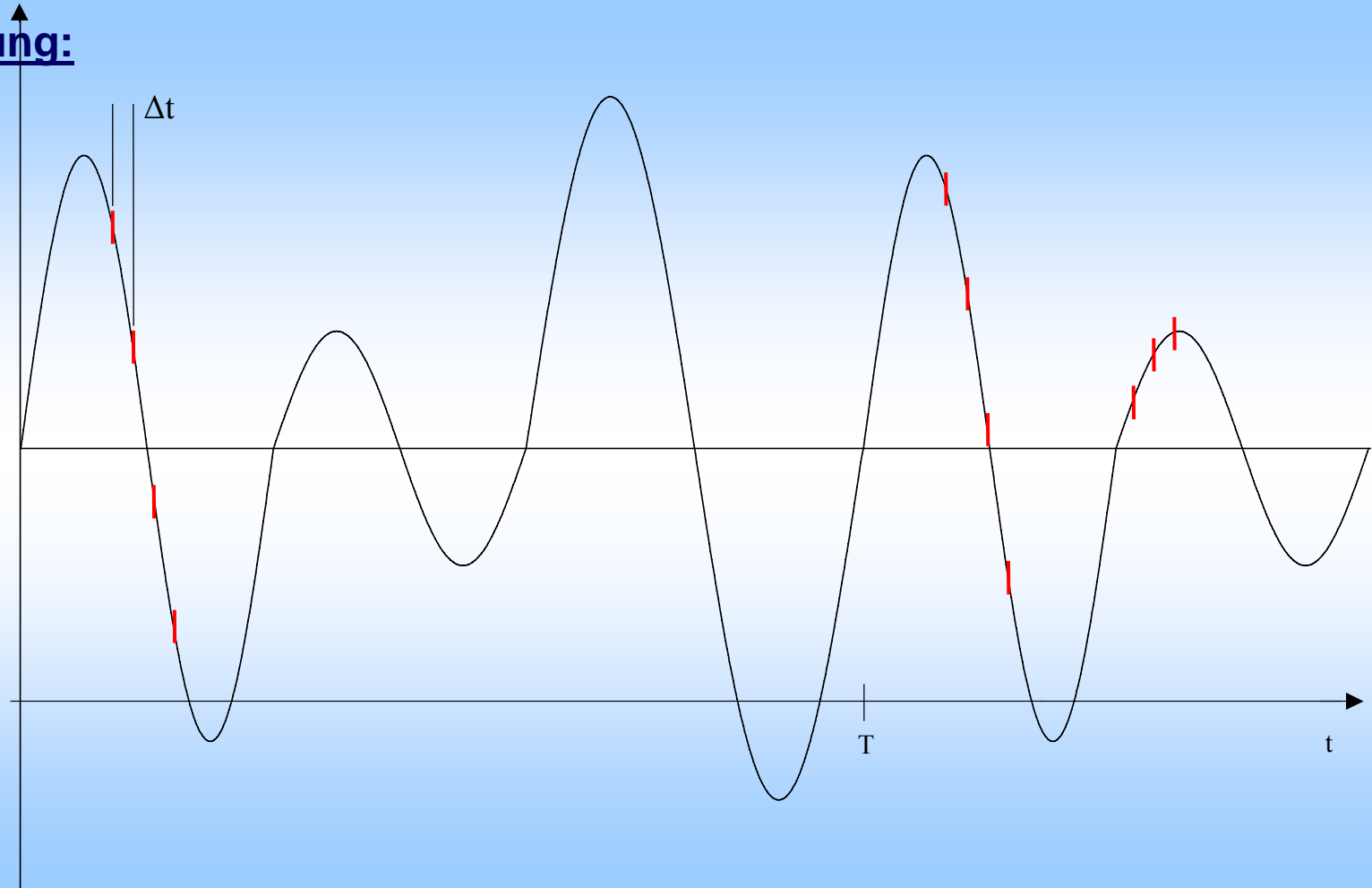
Frequenzbestimmung:



4) Messen am Oszilloskop

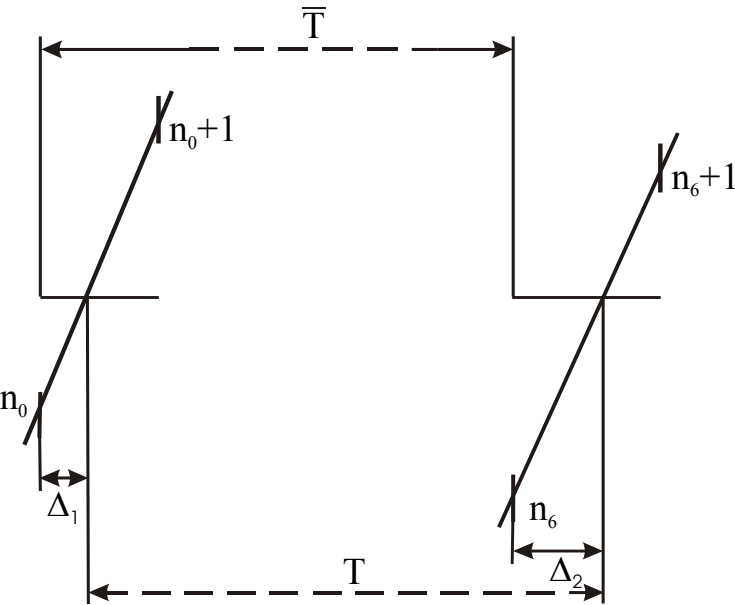
Frequenzbestimmung:

$$\Delta t = \frac{\frac{4}{3} T}{IMESS}$$



4) Messen am Oszilloskop

Berechnung der Frequenz:



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(n_6 - n_0 - \Delta_1 + \Delta_2) * \Delta t_{mess}}$$

mit $\Delta = \frac{|y_n|}{|y_n| + |y_{n+1}|}$

MESSTECHNIKLABOR Versuch V7.1, VersuchsNr. 0

Name: Beumelburg

Datum: 19-JAN-00

Uhrzeit: 14:30:32

Anzahl der Messungen (IMESS): 110

Messrate (IRATE): 2

Anzahl der Impulse (INOTI): 25

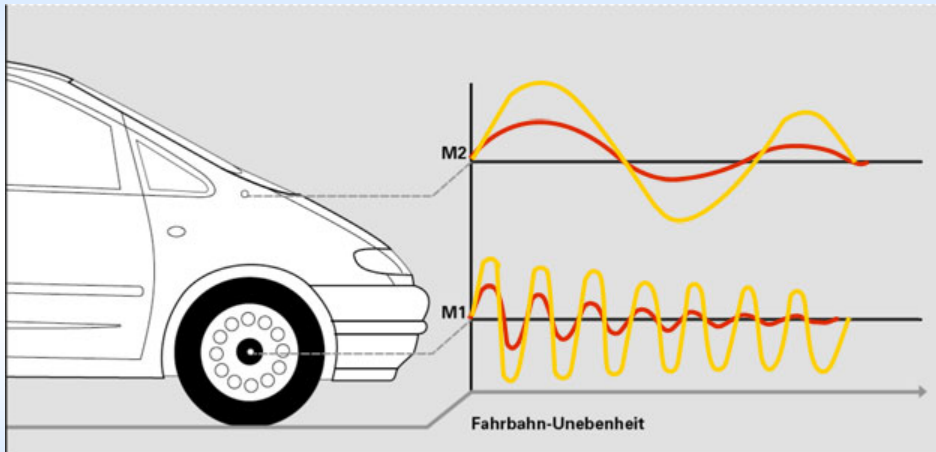
	Y(IMESS)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y(1)	2.202	1.701	1.135	0.501	-0.303	-1.270	-2.265	-3.080	-3.823	-4.342
Y(11)	-4.675	-4.812	-4.730	-4.423	-3.934	-3.293	-2.436	-1.538	-0.495	0.481
Y(21)	1.455	2.412	3.197	3.894	4.363	4.657	4.725	4.590	4.221	3.694
Y(31)	2.940	2.115	1.198	0.148	-0.516	-1.151	-1.693	-2.233	-2.658	-3.003
Y(41)	-3.275	-3.432	-3.484	-3.425	-3.264	-2.979	-2.625	-2.155	-1.656	-1.073
Y(51)	-0.479	0.118	0.759	1.320	1.891	2.351	2.742	3.073	3.278	3.391
Y(61)	3.387	3.280	3.053	2.746	2.317	1.852	1.280	0.715	0.125	-0.578
Y(71)	-1.212	-1.825	-2.281	-2.607	-2.797	-2.809	-2.635	-2.321	-1.868	-1.277
Y(81)	-0.651	0.073	0.731	1.392	1.916	2.329	2.625	2.731	2.731	2.672
Y(91)	2.089	1.555	0.966	0.260	-0.568	-1.599	-2.498	-3.282	-3.982	-4.450
Y(101)	-4.746	-4.813	-4.678	-4.305	-3.777	-3.027	-2.200	-1.284	-0.227	0.750

AGENDA

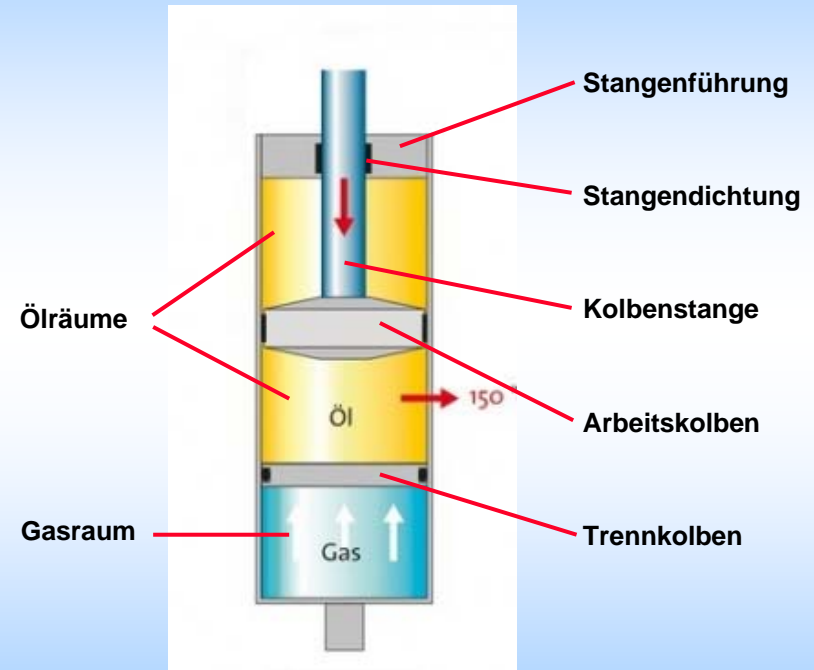
- 1) Aufgabe Versuch 7 - Versuchsauswertung
- 2) Sensoren
- 3) Anzeigeeinheiten
- 4) A/D Wandler
- 5) Messen am Oszilloskop
- 6) Stoßdämpferversuch

5) Stoßdämpferversuch

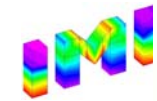
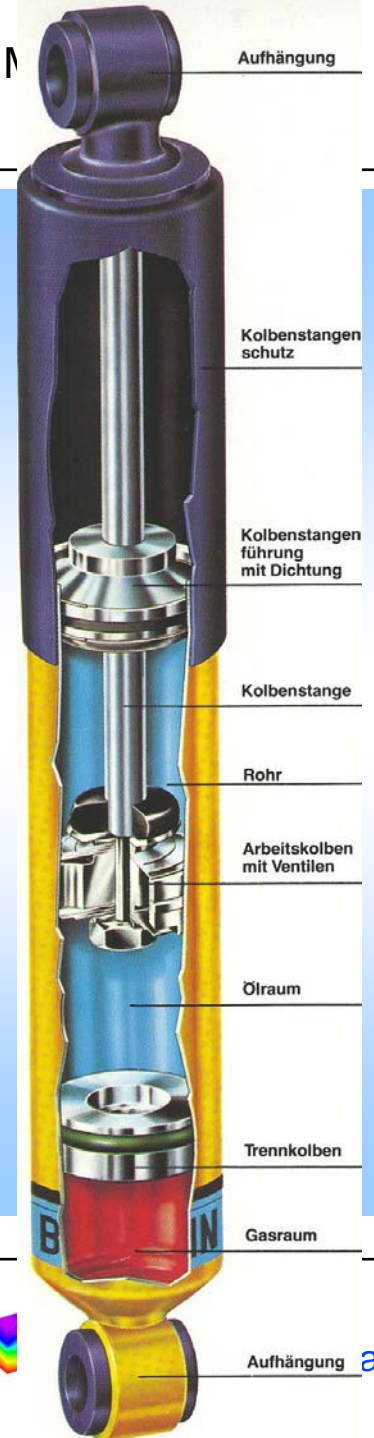
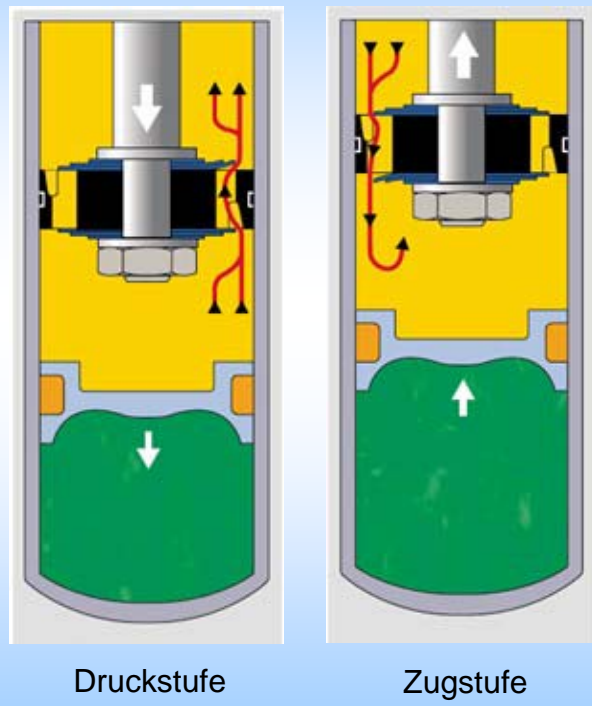
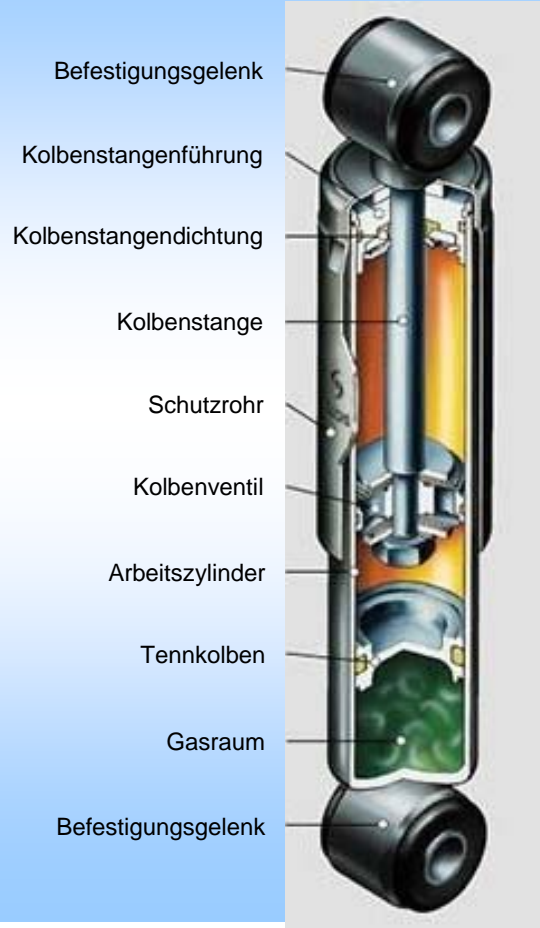
Schwingungsdämpfern allgemein:



- ohne Schwingungsdämpfer
- mit Schwingungsdämpfer

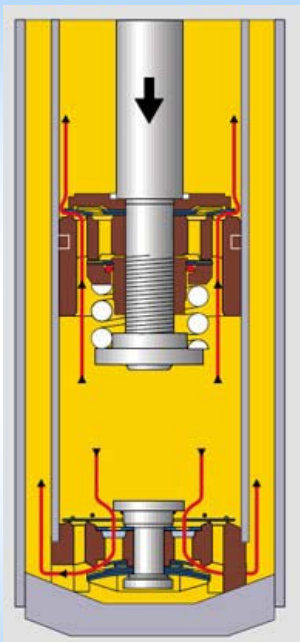


Einrohr-Stoßdämpfern:

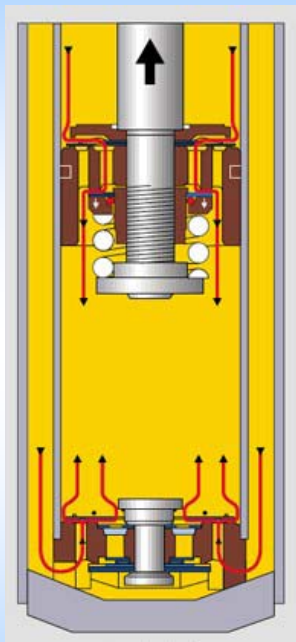


5) Stoßdämpferversuch

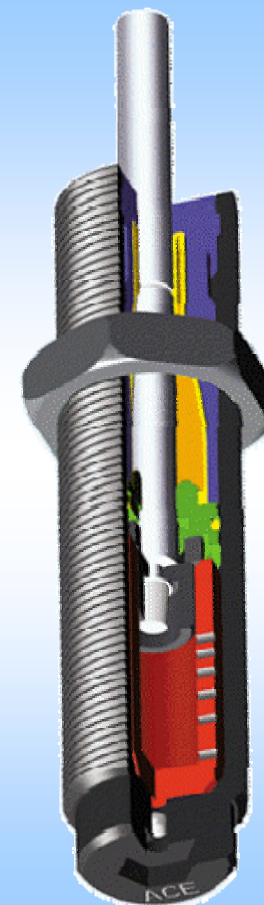
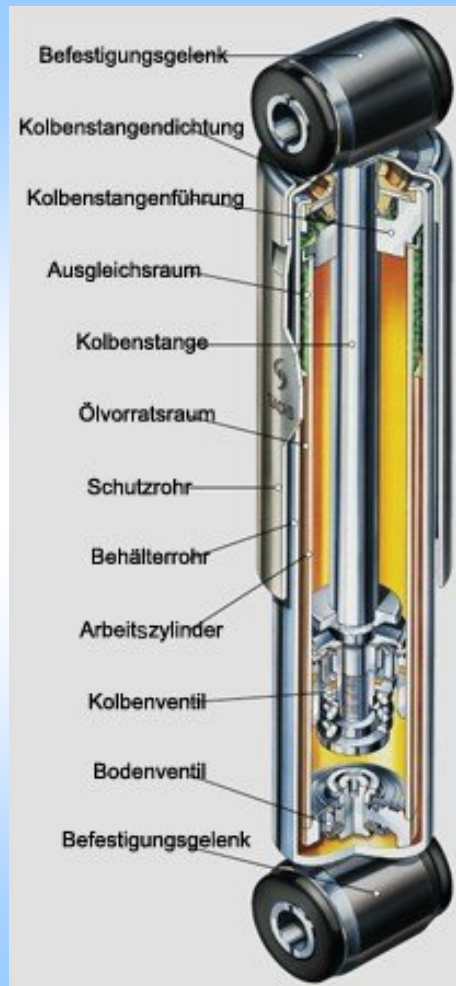
Zweirohr-Stoßdämpfern:



Druckstufe



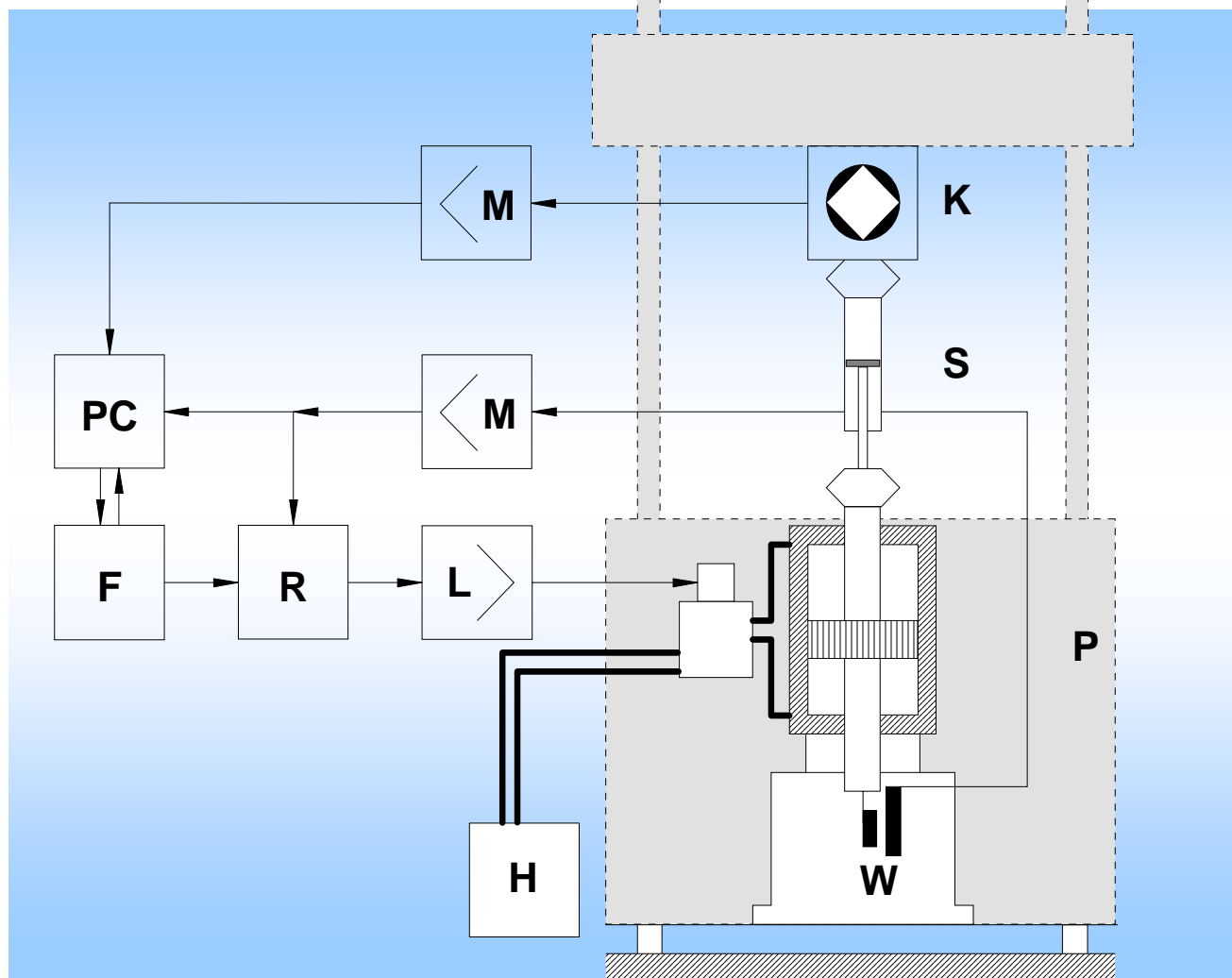
Zugstufe



5) Stoßdämpferversuch

Versuchseinrichtung:

- F Funktionsgenerator
- H Hydraulikaggregat
- K Kraftmessdose
- M Messverstärker
- L Leistungsverstärker
- R PID-Regler
- S Stoßdämpfer
- W Wegaufnehmer



5) Stoßdämpferversuch

Wegsignal:

Weg:

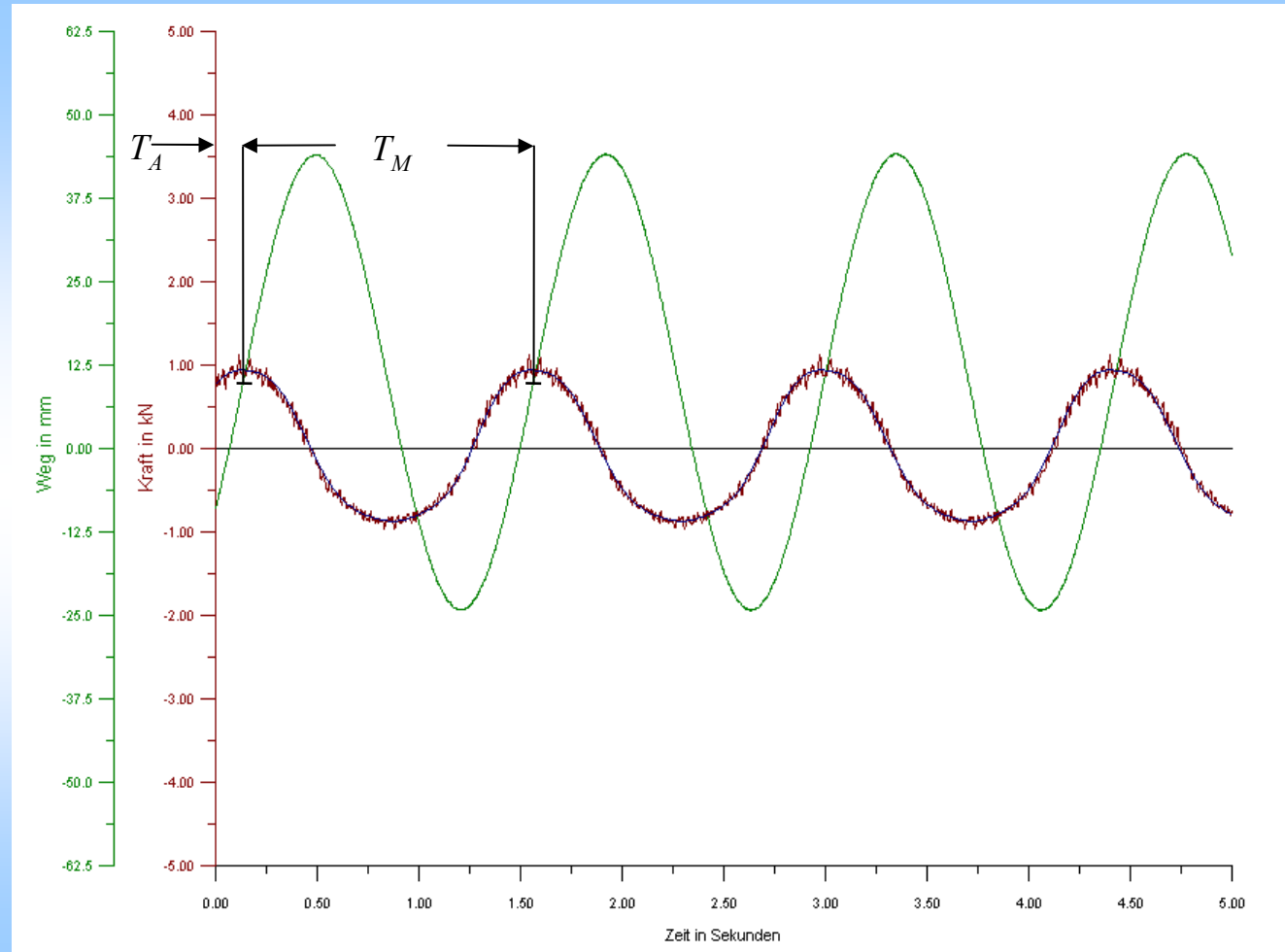
$$s = a_0 + s_1 \sin \omega(t - T_A)$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\bar{s}} \quad \underbrace{\hspace{2em}}_{\bar{t}}$

$$s - a_0 = \bar{s} = s_1 \sin \omega \bar{t}$$

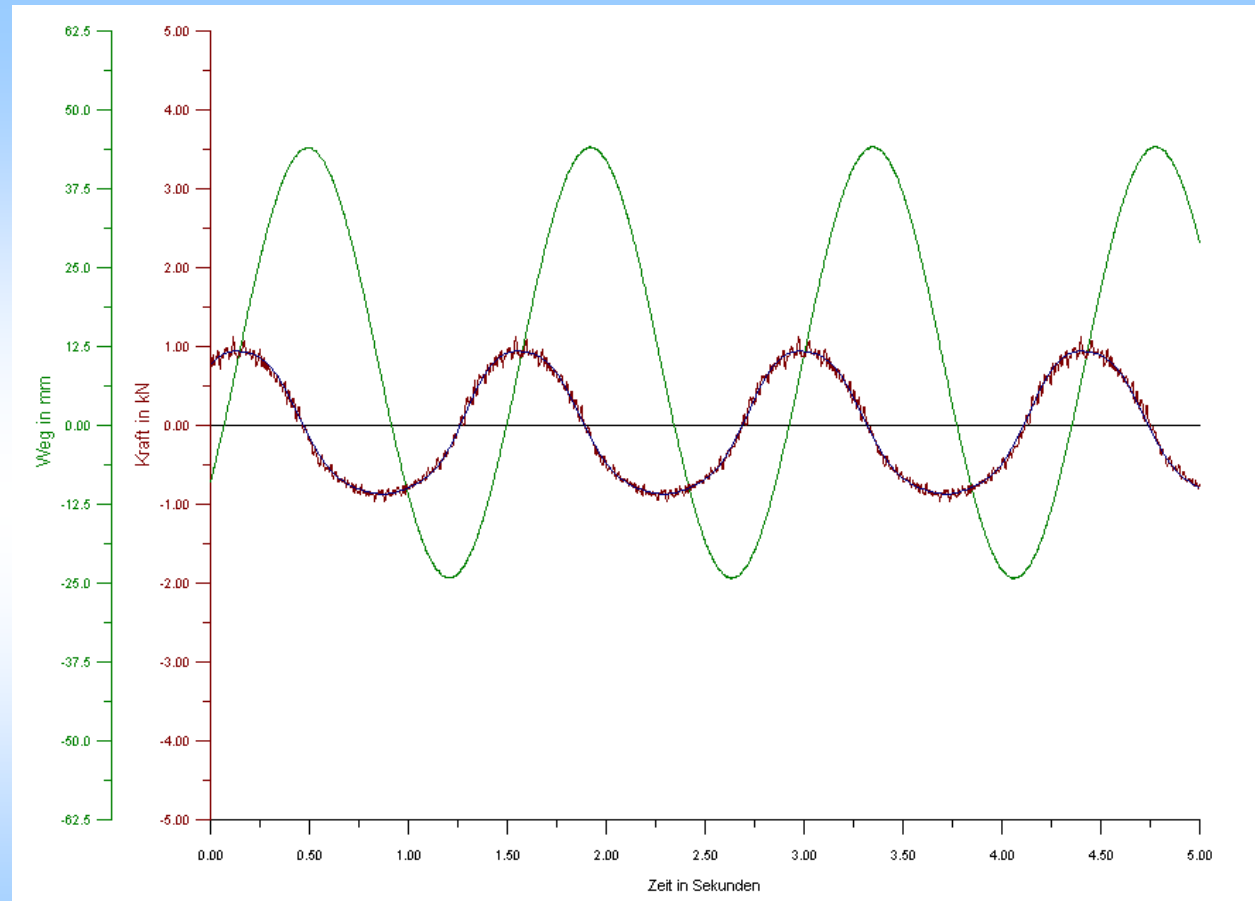
$$\dot{\bar{s}} = v = \underbrace{s_1 \omega}_{v_{\max}} \cos \omega \bar{t}$$

$$s = a_0 + a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t$$



5) Stoßdämpferversuch

Kraftsignal:



Kraft:

$$F = a_0 + a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t + a_2 \cos 2 \omega t + b_2 \sin 2 \omega t + a_3 \cos 3 \omega t + b_3 \sin 3 \omega t + a_4 \cos 4 \omega t + b_4 \sin 4 \omega t$$

5) Stoßdämpferversuch

MESSTECHNIKLABOR Versuch V7.2, Versuchs-Nr. 0

Name: Beumelburg

Datum: 19-JAN-00

Anzahl der Messungen IMESS = 2500 Intervallzeit DT = 0.0010 [s]
 Periodendauer TM = 1.4286 [s] Kreisfrequenz OMEGA = 4.3981 [1/s]
 Wegamplitude S1 = 35.20 [mm] Phasenzeit TA = 0.1314 [s]

Umrechnung:

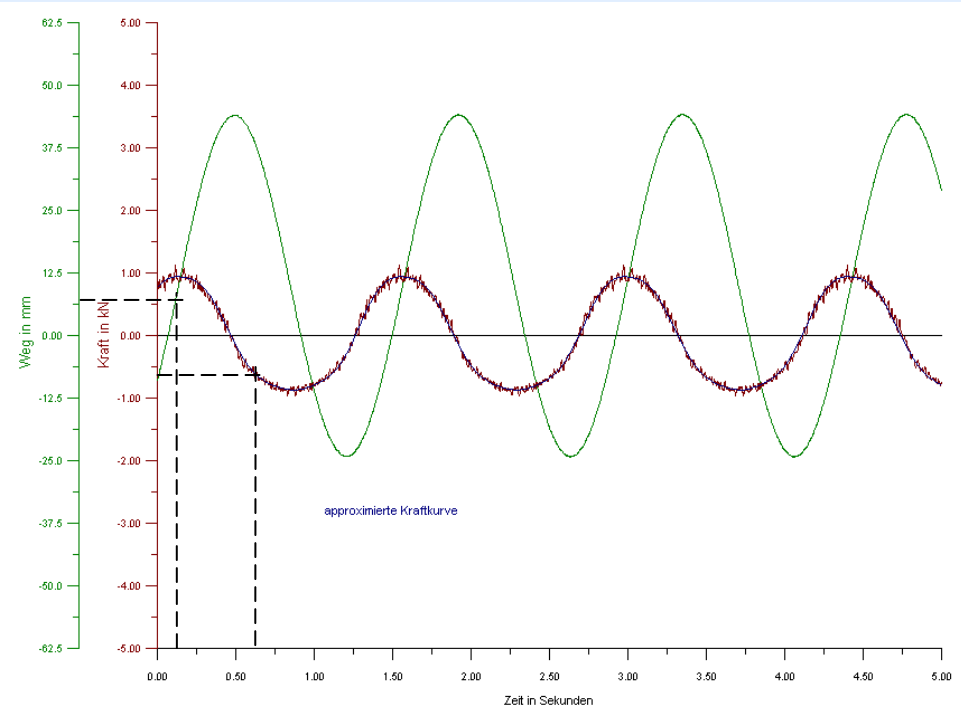
Zeit $T=(I-1)*DT$
 Weg $S=IY(I)*125./32768$ [I=1, 3, 5, ..., 4997, 4999]
 Kraft $F=IY(I)*25./32768$ [I=2, 4, 6, ..., 4998, 5000]

Fourierkoeffizienten fuer den Weg: $S = A0 + A1*cos(OMT) + B1*sin(OMT)$
 $OMT = OMEGA * T$
 A0 A1 B1
 4.80 -19.23 29.49

Fourierkoeffizienten fuer die Kraft: $F = A0 + A1*cos(OMT) + B1*sin(OMT) + A2*cos(2*OMT) + ... + B4*sin(4*OMT)$
 A0 A1 B1 A2 B2 A3 B3 A4 B4
 -0.138 0.720 0.544 0.046 0.129 0.021 -0.026 0.029 -0.012

Messwerte IY(I)

I =	13	516	1019	1522	2025	2528	3031	3534	4037	4540
IY=	-3367	-482	-5087	1098	9482	-868	2915	-984	-7911	929

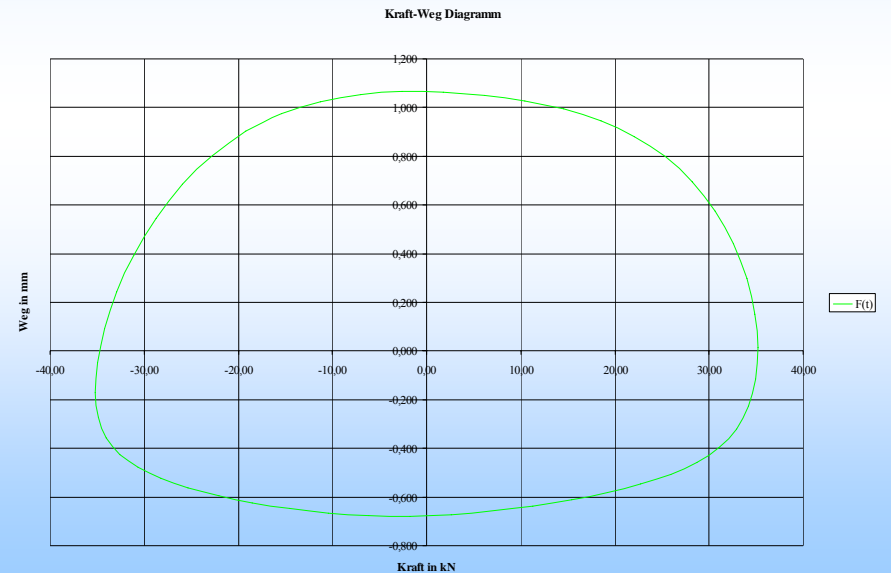


5) Stoßdämpferversuch

Kraft-Weg Diagramm :

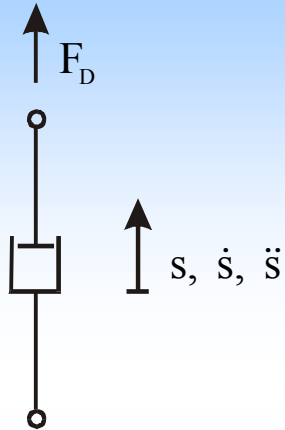
Messwerte T,S(T),V(T),F(T) Offset fuer die Kraft: -0.085

T=	0.0000	0.0286	0.0571	0.0857	0.1143	0.1429	0.1714	0.2000	0.2286	0.2572
S=	-19.23	-15.38	-11.29	-7.02	-2.64	1.78	6.17	10.46	14.59	18.49
V=	129.68	139.26	146.64	151.70	154.38	154.62	152.42	147.82	140.88	131.73
F=	0.902	0.975	1.024	1.053	1.065	1.064	1.051	1.028	0.994	0.946
-- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										
T=	0.2857	0.3143	0.3429	0.3714	0.4000	0.4286	0.4572	0.4857	0.5143	0.5429
S=	22.10	25.36	28.22	30.63	32.57	33.98	34.87	35.20	34.97	34.20
V=	120.50	107.36	92.54	76.25	58.76	40.35	21.30	1.91	-17.51	-36.65
F=	0.881	0.798	0.696	0.575	0.440	0.297	0.152	0.013	-0.115	-0.226
-- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										
T=	0.5715	0.6000	0.6286	0.6572	0.6857	0.7143	0.7429	0.7715	0.8000	0.8286
S=	32.89	31.05	28.73	25.96	22.77	19.23	15.38	11.29	7.02	2.64
V=	-55.21	-72.90	-89.44	-104.58	-118.06	-129.68	-139.26	-146.64	-151.70	-154.38
F=	-0.320	-0.397	-0.458	-0.507	-0.547	-0.582	-0.612	-0.638	-0.658	-0.673
-- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										
T=	0.8572	0.8857	0.9143	0.9429	0.9715	1.0000	1.0286	1.0572	1.0858	1.1143
S=	-1.78	-6.17	-10.46	-14.59	-18.49	-22.10	-25.36	-28.22	-30.63	-32.57
V=	-154.62	-152.42	-147.82	-140.88	-131.73	-120.50	-107.36	-92.54	-76.25	-58.76
F=	-0.679	-0.677	-0.666	-0.648	-0.623	-0.594	-0.561	-0.523	-0.479	-0.425
-- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										
T=	1.1429	1.1715	1.2000	1.2286	1.2572	1.2858	1.3143	1.3429	1.3715	1.4001
S=	-33.98	-34.87	-35.20	-34.97	-34.20	-32.89	-31.05	-28.73	-25.96	-22.77
V=	-40.35	-21.30	-1.91	17.51	36.65	55.21	72.90	89.44	104.58	118.06
F=	-0.357	-0.273	-0.170	-0.047	0.091	0.241	0.395	0.546	0.684	0.804



5) Stoßdämpferversuch

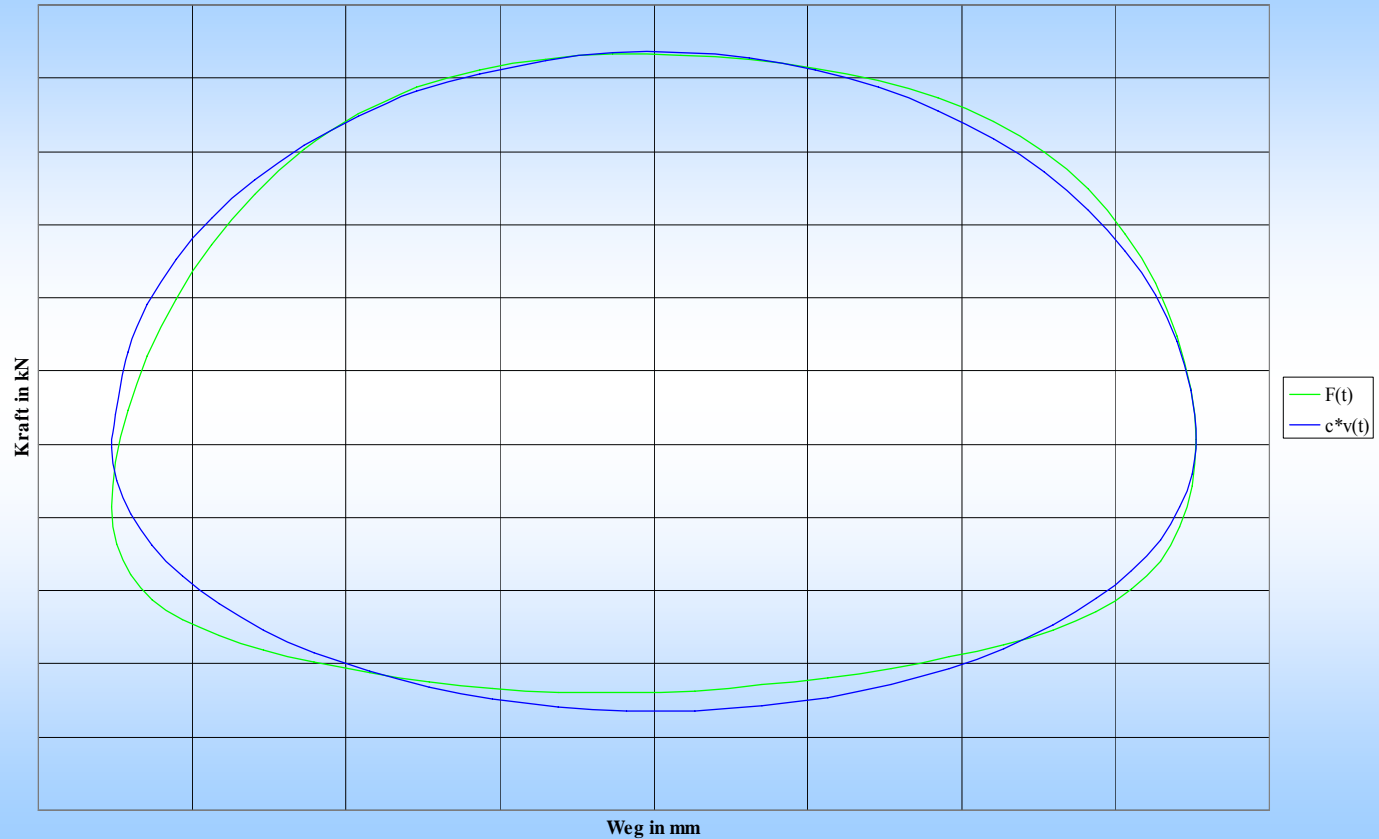
Berechnung von c_D und c_Z :



$$F_D = v_{\max} * \begin{cases} c_D * \cos \omega \bar{t} & \text{Druck} \\ c_Z * \cos \omega \bar{t} & \text{Zug} \end{cases}$$

$$c_D = \frac{\sum F_{i\text{Druck}} * v_i}{\sum v_i^2} ; c_Z = \frac{\sum F_{i\text{Zug}} * v_i}{\sum v_i^2}$$

Kraft-Weg Diagramm



Versuchsauswertung:

Messung am Oszilloskop

- Die Frequenz berechnen.
- Die Anzahl der Nulldurchgänge einer Perioden bestimmen.
- 3 Maxima/Minima berechnen.

Stoßdämpferversuch

- 10 Messwerte umwandeln in die jeweiligen physikalischen Größen und in den Plot $s=s(t)$, $F=F(t)$ eintragen.
- Das Kraft-Weg-Diagramm mit den Werten $s(t)$ und $F(t)$ erstellen.
- Die Koeffizienten c_z bzw. c_D berechnen.
- Das Kraft-Weg-Diagramm mit den Werten $s(t)$ und $c_z \cdot v(t)$ bzw. $c_D \cdot v(t)$ erstellen.

