

Elektrische Messtechnik

Vorlesung 1

Prof. Dr. Peter Weber

Wintersemester 2024/25

Im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (B.Eng.)

Spielregeln in der Präsenz-Vorlesung

- Ihre Fragen und Anmerkungen gehen vor - Unterbrechen Sie mich gerne, wenn ich Ihre Meldung übersehen sollte
- Keine „Side Meetings“ in der Vorlesung - Paralleldiskussionen zu zweit verbreiten zu viel Unruhe
 - ➔ Fragen, Ideen oder Anmerkungen bitte immer in die große Runde – keine Hemmungen
 - ➔ Es gibt keine dummen Fragen - Niemand wird für eine Wortmeldung „augebuht“!
- Pünktlich erscheinen - Später hereintröpfelnde Teilnehmer verbreiten zu viel Unruhe
- Verlassen der Vorlesung bitte nur zur Pause oder zum Ende (logischerweise ausgenommen Toilettengänge)
- Am Ende der Vorlesung den letzten Satz vor dem Aufstehen abwarten.
- Telefone auf „leise“
- Ich wünsche mir immer Ihr Feedback – sofort in der Vorlesung oder gerne auch z.B. per mail

Organisation

Vorlesung:

Donnerstag 08:15 h bis 11:30 h Raum: 8-105

Start 21.10.2024 - Ende 12.02.2025

Labor (Herr Michalik):

Montag 11:45 h bis 15:45 h Raum: 8-205

Terminorganisation bei Herrn Michalik

CampUAS – Vorlesung (P. Weber):

<https://campuas.frankfurt-university.de/course/view.php?id=4525>

Weber: Elektrische Messtechnik - WS 24/25

Enrollment Key: alessandrovolta

CampUAS – Labor (R. Michalik):

<https://campuas.frankfurt-university.de/course/view.php?id=4433>

Michalik: Labor Elektrische Messtechnik - WiSe 24

Enrollment Key: MT-LAB-WS24

**Die Vorbesprechung Labor findet am 28.10.24 um 12 Uhr im Raum 8/205 statt.
Ihre Anwesenheit ist zur Teilnahme am Labor erforderlich, da sowohl die
Sicherheitsunterweisung als auch die endgültige Platzvergabe vor Ort erfolgt.**

Bitte unbedingt in beiden Kursen einschreiben (auch bei Herrn Michalik).

Sie verpassen sonst wichtige Infos bzw. werden bei der Laborterminvergabe nicht berücksichtigt

That's Me

Professor, [Frankfurt University of Applied Sciences](#) (since April 2020)

Studiengangleiter Maschinenbau

Professor für Industrial Engineering & Metrology

Head of Production, [optoVision GmbH](#), Rodenstock, Langen

Production & engineering of ophthalmic lenses

Head of Process Engineering, [Berliner Glas KGaA \(ASML\)](#), Berlin

High precision ceramics components for semiconductor photolithography

Project Manager, R&D, [Berliner Glas KGaA \(ASML\)](#), Berlin

Development of electrostatic wafer clamp for EUV photolithography

Quality Engineer, R&D, [Carl Zeiss SMT](#), Oberkochen

Development of semiconductor photolithography optics

Application Engineer / Quality Coach, [Leybold Vacuum GmbH](#), Köln

Technical interface for key accounts w.r.t. vacuum applications

PhD in Solid State Physics, [University of Stuttgart](#)

Photonic excitation of spin states in layered magnetic materials

Physics Diplom, [Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf](#)

Physics, [University of Edinburgh](#)

Elektrische Messtechnik

An was denken Sie?

In einem Wort!

Loggen Sie sich hier ein:

<https://www.menti.com/byka3bw2s9>

Geben Sie den Voting Code ein: 2716 6661

Geben Sie bis zu 3 Stichworte oder kurze Aussagen ein



Messung von Gummibärchen



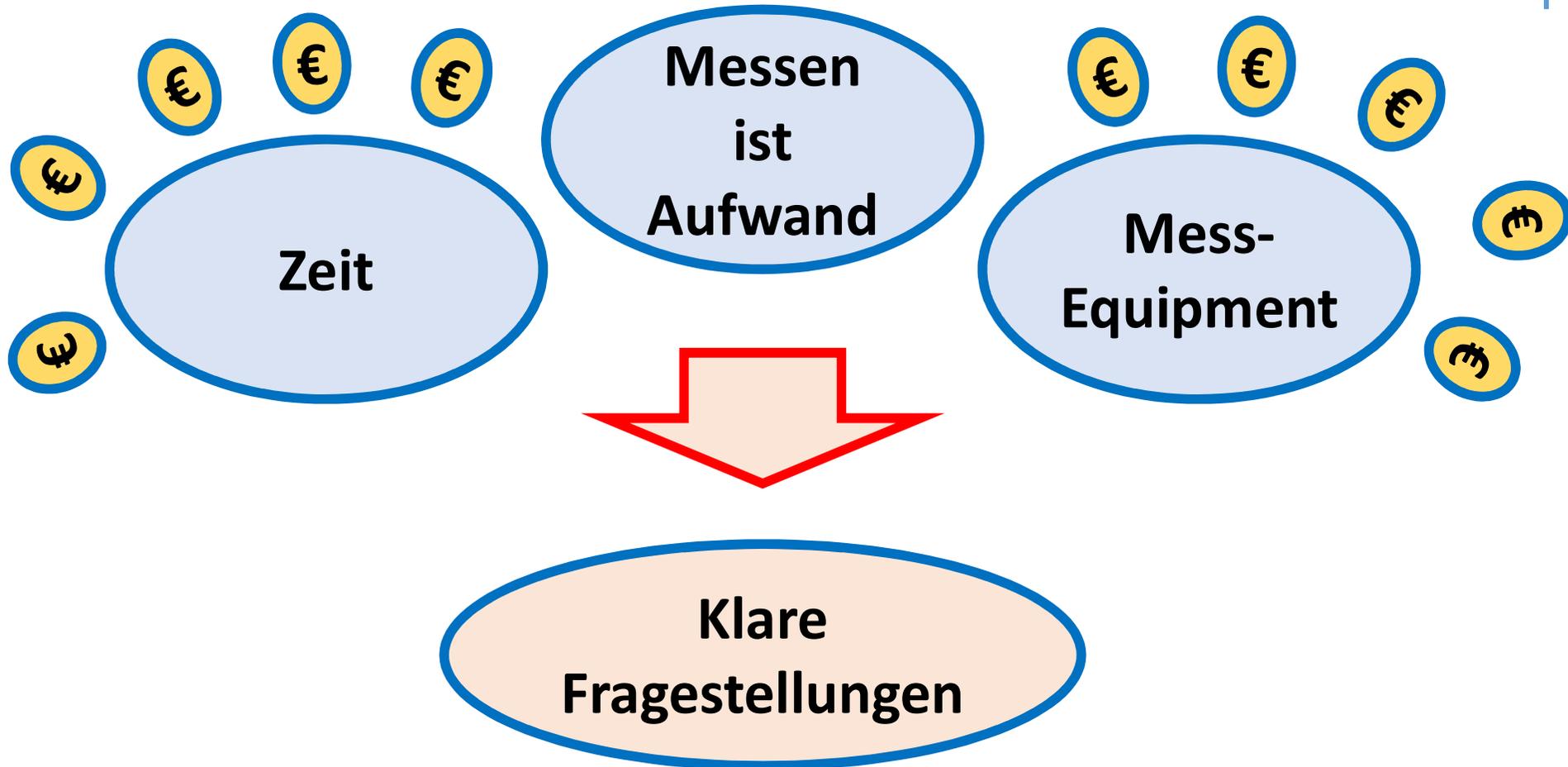
Was könnten wir messen?

Messung von Gummibärchen

Was könnten wir hier messen?



Messung von Gummibärchen



Messung von Gummibärchen



- Was nutzt es uns, zu messen?
- Was können wir einfach messen?

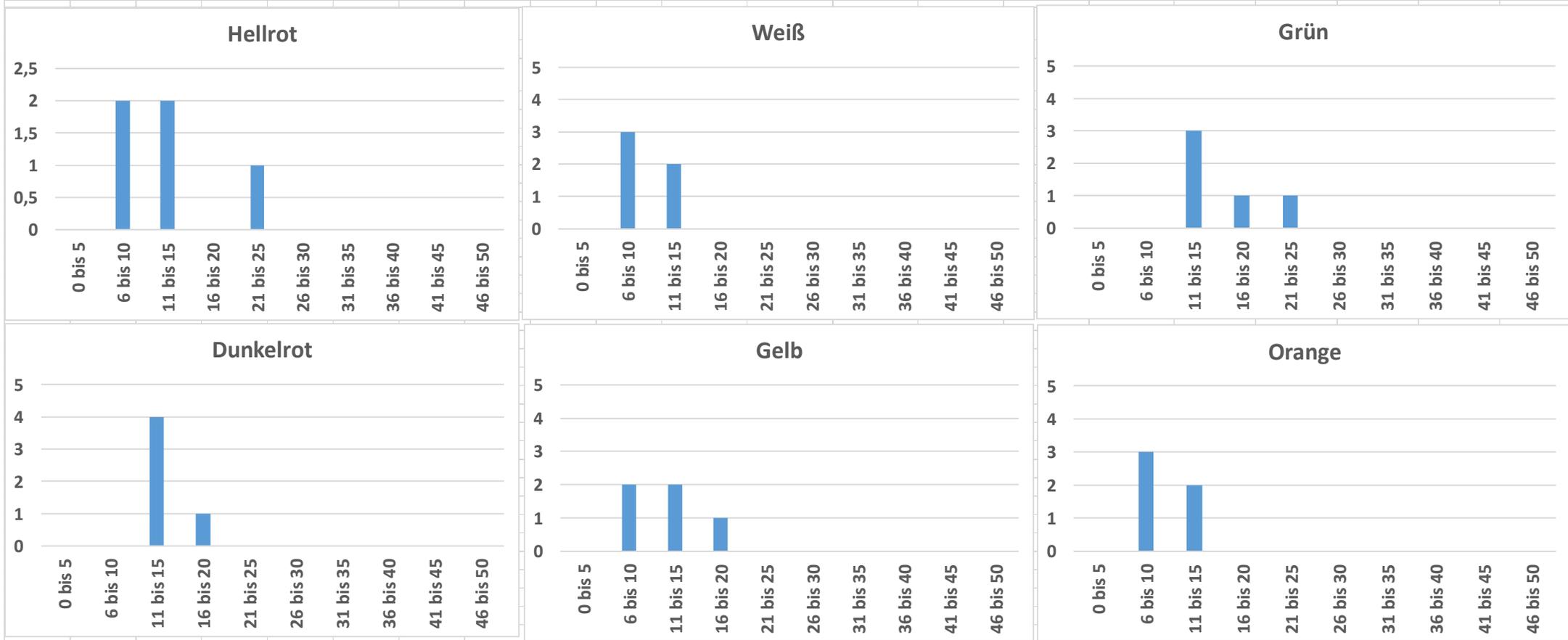
Messung von Gummibärchen

- **Bilden Sie m Gruppen mit je n Teilnehmern.**
- **Sie haben 20 – 30 Minuten Zeit.**
- **Bestimmen Sie eine Person Ihrer Gruppe, die im Anschluss Ihr Ergebnis präsentiert.**
- **Zählen Sie, wie viele Gummibärchen jeder Farbe sich in Ihrer Tüte befinden**
- **Überlegen Sie sich eine geeignete Darstellungsform (bzw. Darstellungsformen) Ihres Ergebnisses.**
- **Wie aussagekräftig ist Ihr Ergebnis.**
- **Welche Schlussfolgerungen können Sie aus den Daten ziehen?**

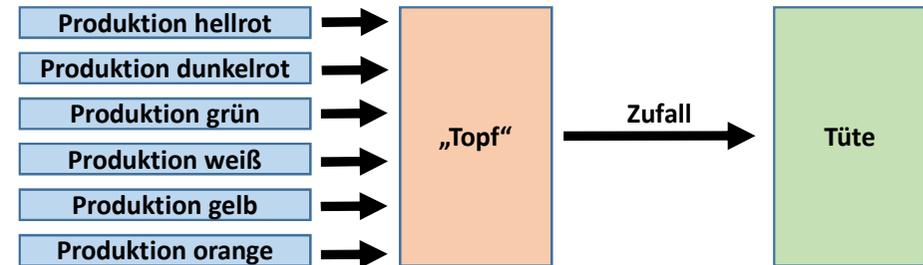
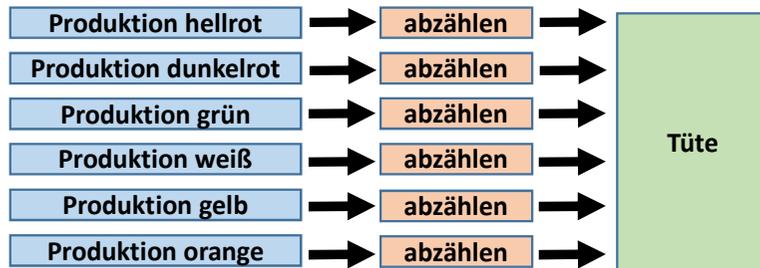
Hypothesen auf Basis der Daten

Masse der Tüte	175 _g											
Gummibärchen pro Tüte	Gruppe 03	Gruppe 01	Gruppe 02	Gruppe 04	Gruppe 05	Minimum	Maximum	Spanne Max-Min	Mittelwert	Standard- abweichung	Standard- abweichung [%]	
Hellrot	11	9	10	14	21	9	21	12	13,00	4,34	33,4	
Dunkelrot	11	17	15	14	11	11	17	6	13,60	2,33	17,1	
Grün	21	12	19	14	11	11	21	10	15,40	3,93	25,5	
Weiß	14	10	6	10	11	6	14	8	10,20	2,56	25,1	
Gelb	8	12	16	9	11	8	16	8	11,20	2,79	24,9	
Orange	9	14	9	13	10	9	14	5	11,00	2,1	19,1	
Gesamtmenge	74	74	75	74	75	74	75	1	74,4	0,49	0,7	
Masse / Stück [g]	2,36	2,36	2,33	2,36	2,33	2,333	2,365	0,032	2,35	2,35	2,35	
Masse der Tüten auf Basis des Mittelwertes der Masse eines einzelner						174,1	176,4	2,35				

Auswertung der Messdaten

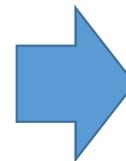


Auswertung der Messdaten



Überlegungen auf Basis einzelner Zählungen

- Es wird nach Beliebtheit der Farben unterschieden
- Es wird nach Herstellkosten der Farben unterschieden
- Es wird nach Lagerbestand abgefüllt
- Es wird nach Ablaufdatum Abgefüllt



Fazit nach Abgleich aller Zählungen

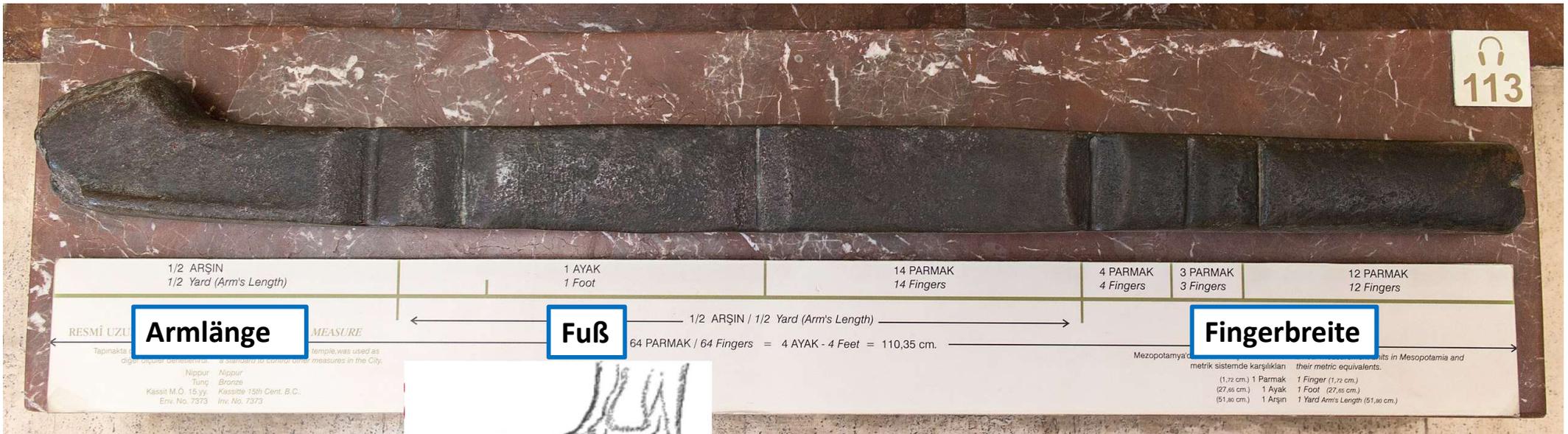
- Es wird nach „Gewicht“ abgefüllt
- Die Farben sind zufällig

- Eine Tüte ist nicht aussagekräftig!
- Statistik – Mittelwert – Abweichung!
- Prozentuale Auftragung

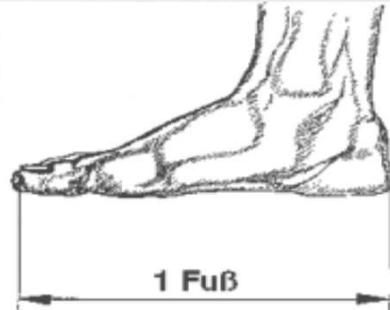
Ursprünge des Messens

Nippur- „Elle“: Ältester physisch überlieferter **Maßstab**,

Sumerer, fast 7000 Jahre alt, Kupfer



Von Aerod - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3051408>



1 Finger	=	1,72 cm
1 Fuß	=	27,65 cm
1 Arm	=	51,80 cm

1 Fuß	=	16,08 Finger
1 Arm	=	1,87 Fuß
1 Arm	=	30,12 Finger

Ursprünge des Messens



Von Andrew Dunn - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=196078>



Von Operarius - File:Stonehenge, Salisbury.JPG, CC BY 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4493066>

Begriffe der Messtechnik

Messtechnik	Überbegriff aller technischen Verfahren, Mittel und Tätigkeiten zum Zweck des Messens	
Messen	Tätigkeiten zum quantitativen Vergleich von Messgrößen mit einer Einheit an einem Messobjekt	
Messobjekt	Träger der Messgröße	
Messgröße	Physikalische Größe, die durch Messung erfasst werden soll	Zum Beispiel: Die Länge
Messwert	Der gemessene Wert der Messgröße . Ein Vielfaches der Maßeinheit.	Zum Beispiel: 5
(Maß-)einheit	Der Bezugswert zum gemessenen Wert der Messgröße	Zum Beispiel: 1 Meter

Maßstab – Am Beispiel der Länge

Verwendung menschlicher Körperteile → Probleme bei der Reproduzierbarkeit

→ Schon die Sumerer erkannten das offenbar und definierten einen Maßstab, die sog. Nippur-Elle

Dennoch gab es in Laufe der Zeit überall ständig neue, andere Definitionen von Maßstäben.

Schließlich entstand Ende des 18. Jahrhunderts eine neue Einheit, das Meter, welche sich innerhalb von 100 Jahren weltweit durchsetzt.

Ausnahme bleibt der angelsächsische Sprachraum, wo jedoch letztendlich die Einheiten Yard und Pound auch auf das Meter und das kg des internationalen Systems (SI) zurückgeführt werden.



Das Internationale Einheitensystem

Meter m

Das Meter ist die Länge der Strecke, die Licht im Vakuum während der Dauer von $(1/299\,792\,458)$ Sekunden durchläuft.

Kilogramm kg

Das Kilogramm ist die Einheit der Masse; es ist gleich der Masse des Internationalen Kilogrammprototyps.

Sekunde s

Die Sekunde ist das 9 192 631 770fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids ^{133}Cs entsprechenden Strahlung.

Ampere A

Das Ampere ist die Stärke eines konstanten elektrischen Stromes, der, durch zwei parallele, geradlinige, unendlich lange und im Vakuum im Abstand von einem Meter voneinander angeordnete Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je einem Meter Leiterlänge die Kraft $2 \cdot 10^{-7}$ Newton hervorrufen würde.

Kelvin K

Das Kelvin, die Einheit der thermodynamischen Temperatur, ist der 273,16te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers.

Mol mol

Das Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensoviel Einzelteilchen besteht, wie Atome in 0,012 Kilogramm des Kohlenstoffnuklids ^{12}C enthalten sind. Bei Benutzung des Mol müssen die Einzelteilchen spezifiziert sein und können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen sowie andere Teilchen oder Gruppen solcher Teilchen genau angegebener Zusammensetzung sein.

Candela cd

Die Candela ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz $540 \cdot 10^{12}$ Hertz aussendet und deren Strahlstärke in dieser Richtung $(1/683)$ Watt durch Steradian beträgt.

Das Internationale Einheitensystem

Basisgrößen

Haben keine Definition im Sinne einer Rückführung auf schon bekannte Größen

Abgeleiteten Größen

Lassen sich aus den Basisgrößen entwickeln

Für die Basisgrößen sind **Basiseinheiten** definiert, aus denen sich die für die abgeleiteten Größen geltenden abgeleiteten Einheiten ergeben.

Beispiele hergeleiteter Größen

Physikalische Größe Formelzeichen		Name der Einheit nach SI		Definition bzw. Umrechnung aus den SI Basiseinheiten
Kraft	F	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$
Energie	W	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$
Leistung	P	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ J/s}$
Druck	p	Pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
Ladung	Q	Coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ As}$
Spannung	U	Volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A} = 1 \text{ Nm/As}$
Widerstand	R	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Kapazität	C	Farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ As/V} = 1 \text{ C/V}$
Induktivität	L	Henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$
mag. Fluss	Φ	Weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ Vs}$
mag. Flussdichte	B	Tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2 = 1 \text{ Wb/m}^2$

Größenordnungen

1	1×10^0		
10	1×10^1		Deka [da]
100	1×10^2		Hekto [h]
1.000	1×10^3	Tausend	Kilo [k]
10.000	1×10^4		
100.000	1×10^5		
1.000.000	1×10^6	Million	Mega [M]
10.000.000	1×10^7		
100.000.000	1×10^8		
1.000.000.000	1×10^9	Milliarde	Giga [G]
10.000.000.000	1×10^{10}		
100.000.000.000	1×10^{11}		
1.000.000.000.000	1×10^{12}	Billion	Terra [T]
10.000.000.000.000	1×10^{13}		
100.000.000.000.000	1×10^{14}		
1.000.000.000.000.000	1×10^{15}	Billiarde	Peta [P]

1	1×10^0		
0,1	1×10^{-1}		Dezi [d]
0,01	1×10^{-2}		Zenti [c]
0,001	1×10^{-3}		Milli [m]
0,0001	1×10^{-4}		
0,00001	1×10^{-5}		
0,000001	1×10^{-6}		Mikro [μ]
0,0000001	1×10^{-7}		
0,00000001	1×10^{-8}		
0,000000001	1×10^{-9}		Nano [n]
0,0000000001	1×10^{-10}		
0,00000000001	1×10^{-11}		
0,000000000001	1×10^{-12}		Piko [p]
0,0000000000001	1×10^{-13}		
0,00000000000001	1×10^{-14}		
0,000000000000001	1×10^{-15}		Femto [f]