

SI-Einheiten und Begriffe unter besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Fördertechnik

Dipl.-Ing. H. Müller, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Vorbemerkungen

Das nun schon einige Jahre existierende Internationale Einheitensystem (SI) ist die für Naturwissenschaftler und Techniker gültige Basis. Der Beschluß des Ministerrates der DDR vom 23. März 1978 regelt die weitere Anwendung des SI in der DDR. Danach sind in Standards, Vorschriften, Konstruktions- und Projektunterlagen mit der planmäßigen Überarbeitung bzw. Neuarbeitung in Lehr- und Fachbüchern bei Neuauflagen sowie in Fachzeitschriften bevorzugt die SI-Einheiten und die unbefristet gültigen SI-fremden Einheiten nach Standard TGL 31548 „Einheiten physikalischer Größen“ [1] anzuwenden. Nach diesem ab 1. Januar 1980 verbindlichen Standard sind solche bisher vertrauten SI-fremden Einheiten, wie Pond, Kilopond je Quadratmeter, Kilopond je Quadratzentimeter und Kilopond je Quadratmillimeter, physikalische Atmosphäre, Torr, Meter Wassersäule, Poise, Stokes, Pferdestärke und Kalorie, durch neue Einheiten zu ersetzen.

Der Übergang zu den SI-Einheiten ist nicht ganz einfach. Neue Gewohnheiten und Größenvorstellungen sind zu bilden. Außer dem Umdenken von den bisher gebräuchlichen auf die SI-Einheiten muß beachtet werden, einheitenbehaftete Begriffe der abgestimmten Form des SI anzupassen.

2. Zur Anwendung der SI- und SI-fremden Einheiten

2.1. SI-Einheiten

Über den Aufbau des SI und seine Beziehungen zu anderen Einheitensystemen gibt es umfassende Literatur (u. a. [2 bis 4]). Bekanntlich ist bei konsequenter Anwendung des SI für jede physikalische Größenart nur eine Einheit zugelassen. Diese meist abgeleitete SI-Einheit wird so gebildet, daß sie sich als Potenzprodukt aus den Basiseinheiten mit dem Zahlenfaktor 1 darstellen läßt, d. h. Kohärenz erfüllt und den physikalischen Zusammenhang klar ausdrückt. Außerdem entfallen damit die in den bisherigen Maßsystemen notwendigen unangenehmen Umrechnungsfaktoren (z. B. $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ anstelle $1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$). Alle Berechnungen sollten deshalb grundsätzlich mit SI-Einheiten durchgeführt werden. Die physikalische Größengleichung ist ohne Veränderung als Zahlenwertgleichung auswertbar, eine zusätzliche Einheitenkontrolle kann entfallen. Dieser Vorteil geht verloren, wenn gleichzeitig SI-fremde Einheiten angewendet werden. In Tafel 1 ist eine Auswahl gebräuchlicher physikalischer Größen und ihrer SI-Einheiten zusammengestellt [1].

2.2. SI-fremde Einheiten

SI-fremde Einheiten gehören nicht zum SI [1], denn ihre Umrechnungsfaktoren zu den Basiseinheiten sind ungleich 1. Folgende SI-fremde Einheiten sind nach [1] gleichberechtigt mit den SI-Einheiten zur Anwendung zugelassen:

— SI-Einheiten mit Vorsätzen, so daß sich Zahlenwerte in anschaulicher Größenordnung (etwa 0,1 bis 1 000) bilden lassen, die

dem jeweiligen Anwendergebiet angepaßt sind, z. B. kW, km, MN, MPa.

— allgemeingültige Einheiten mit selbständigem Namen, unbefristet anwendbar (Tafel 2)

— auf Spezialgebieten gültige Einheiten, unbefristet anwendbar, z. B. ha zur Angabe der Fläche von Flur- und Grundstücken

— gültige Einheiten für Verhältniszahlen, z. B. %, einschl. logarithmierte Verhältniszahlen, z. B. dB (Dezibel)

— Einheiten mit befristeter Gültigkeitsdauer, wobei die einleitend genannten Einheiten u. a. nur bis zum 31. Dezember 1979 gültig waren. Für die Druckeinheit bar ist noch kein Termin festgelegt. Auf Forderung von ausländischen Handelspartnern darf auch bar angewendet werden [5].

— Einheiten, die als Potenzprodukte dieser Einheiten miteinander und mit SI-Einheiten, gegebenenfalls mit Vorsätzen, gebildet sind, z. B. kWh; km/h, Ah, dt/ha.

Die Umstellung auf das SI erfordert die konsequente Anwendung der SI-Einheiten bei allen Berechnungen, in Veröffentlichungen u. a. Sie schließt jedoch die Nutzung unbefristet gültiger SI-fremder Einheiten für die Fälle ein, wo das zur besseren Anschaulichkeit und Handhabung in der Praxis, vor allem beim Anwender, erforderlich ist.

3. SI-Einheiten und Begriffe in der landwirtschaftlichen Fördertechnik

Die Anwendung der SI-Einheiten in technischen und wissenschaftlichen Unterlagen sowie bei Berechnungen an Transport- und Umschlagmitteln soll im weiteren an ausgewählten Beispielen behandelt werden. Einhergehend mit der Einführung des SI geht es um klare Begriffe im Interesse besserer Verständlichkeit und Eindeutigkeit. Die folgenden Ausführungen sollen zur Diskussion anregen.

3.1. Masse und ihre Ableitungen

Die Masse als unveränderliche, ortsunabhängige Eigenschaft der Materie ist bei Transport- und Umschlagmitteln maßgebend für die Bestimmung der Umfangskräfte, der Brems- und Hubkräfte und durch das Wirken der Erdbeschleunigung auch für die Ermittlung der vertikalen Radkräfte. Die auf eine Masse im Schwerfeld der Erde ausgeübte Kraft ist exakt als Gewichtskraft (F_G , G) zu bezeichnen [6]. Der im täglichen Leben vielfach gebrauchte Begriff „Gewicht“ sowohl für die Masse als auch für die Kraft zählt nicht mehr zum Sprachgebrauch der Technik. Ein Fahrzeug mit einer Masse von beispielsweise 10 000 kg belastet die Fahrbahn über die Räder mit $10\,000 \text{ kg} \cdot 9,8066 \text{ m/s}^2 = 98\,066 \text{ N}$.

Wenn bei technischen Berechnungen der Gewichtskraft ein Fehler von 2% und mehr zulässig ist, kann für die Fallbeschleunigung der Näherungswert 10 m/s^2 eingesetzt und im Beispiel mit 100 kN gerechnet werden.

Die Trag-(Lade-)fähigkeit (nicht Tragkraft) als größte zulässige Nutzmasse, die von Fahrzeugen, Hebezeugen u. a. aufgenommen werden

kann, ist stets in Masseinheiten (kg oder t) anzugeben. Krane heben Massen, Fahrzeuge befördern Massen, nicht Kräfte [7]. Bei Angabe der Dichte als Quotient aus Masse und Volumen eines Körpers in kg/m^3 werden dessen Poren nicht als Teil des Volumens betrachtet (sog. Festkörper). Beim Schüttguttransport sollte stets der Begriff Schüttdichte in kg/m^3 als Quotient aus Masse und Volumen einer Teilchenschüttung verwendet werden. Dabei zählen Teilchenzwischenräume und Poren zum Volumen.

Der Masse-/Volumenstrom als Quotient aus Masse bzw. Volumen und Zeit in den SI-Einheiten kg/s bzw. m^3/s interessiert für die Bemessung von Fördermitteln. Er ist als momentane Größe von Masse bzw. Volumen anzusehen, die in einer Sekunde an einem bestimmten Punkt vorbeifließt.

Für die Projektierung und Bewertung von Transport- und Umschlagmitteln ist es zutreffender, den Masse-/Volumenstrom als Durchschnittsgröße auf die SI-fremden Zeiteinheiten Minute, Stunde u. a. zu beziehen.

Fälschlicherweise wird des öfteren der Masse-/Volumenstrom als Transportleistung, mitunter als Durchsatzleistung, bezeichnet. Die technologische Beurteilung von Fahrzeugen dürfte durch den Massestrom in der Einheit t/h hinreichend gegeben sein, wenn die Entfernung berücksichtigt und genannt wird. Umschlagmittel sind mit der Angabe des Masse-/Volumenstromes in den Einheiten t/h bzw. m^3/h technologisch gekennzeichnet. Zur besseren Verständlichkeit könnte dafür der Begriff Masse-/Volumendurchsatz, kurz Durchsatz, dienen. Die Auffassung von [8], den Mengenstrom (Masse-/Volumen-/Teilestrom) in Stromstärke S und Durchsatz Q zu unterscheiden, wird nicht geteilt. Der Unterschied ist im Sinne des SI unerheblich. Die Bezeichnung „Stromstärke“ sollte der E-Technik vorbehalten bleiben. Zu transportierende und umzuschlagende landwirtschaftliche Stückgüter bzw. Teile werden zum Vergleich mit Schüttgütern meist in Masse oder Volumen umgerechnet. Auf den Begriff Teilestrom könnte man daher verzichten.

In der Hydraulik handelt es sich z. B. beim Nennförderstrom, gemessen in dm^3/min oder l/min , um die Angabe eines Volumenstromes. Der Begriff Fördermenge ist unzutreffend. Verbrennungsmotorisch betriebene Transport- und Umschlagmittel werden bisher im Einsatz nach absolutem Kraftstoffverbrauch in l/h , die ersten zusätzlich nach dem auf die Fahrstrecke bezogenen Kraftstoffverbrauch in $\text{l}/100 \text{ km}$ bewertet. Da der Kraftstoffverbrauch dichteabhängig ist, sind Angaben für die Praxis in den SI-fremden Einheiten kg/h und $\text{kg}/100 \text{ km}$ anwendbar, obwohl die Motoren volumenabhängige Kraftstoffdosierung haben [9].

Die Kraft im SI ist eine abgeleitete Größe, gemessen in N anstelle der ungültigen Einheit p. Problematisch erweist es sich, die Kräfte konsequent auch als solche zu bezeichnen. Neben geläufigen Begriffen, wie Trägheitskraft, Bremskraft, Lenkkraft, Hubkraft, Zugkraft, Reißkraft, Seilkraft u. a., sind solche, wie z. B. Radkraft, Achskraft, Sattelkraft,

Tafel 1. Gebräuchliche physikalische Größen und ihre SI-Einheiten

Größe	Formelzeichen	Einheitenzeichen	Beziehung zu den Basiseinheiten	weitere SI-fremde Einheiten	physikal. Gleichung, Umrechnungen
Raum und Zeit					
Länge, Weg	l; s	m		μm; mm; cm; km	
Fläche	A	m ²	1 m ² = 1 m · m	mm ² ; cm ² ; dm ² ; km ²	A = l ²
Volumen	V	m ³	1 m ³ = 1 m · m · m	mm ³ ; cm ³ ; dm ³ ; l	V = l ³
Zeit	t	s	—	min; h; d	
ebener Winkel	φ	rad	1 rad = 1 m/m = 1	rad; °; ' ; ''	1° = $\frac{2\pi}{360}$ rad
Raumwinkel	Ω	sr	1 sr = 1 m ² /m ² = 1		
Frequenz	f	Hz	1 Hz = 1 s ⁻¹	kHz; MHz	f = 1/t
Winkel-/Kreisfrequenz	ω	1/s; rad/s	1/s = 1s ⁻¹	1/min	ω = 2π · f
Drehzahl	n	1/s	1/s = 1s ⁻¹	1/min	
Geschwindigkeit	v	m/s	1 m/s = 1 m · s ⁻¹	m/min; km/h	v = l/t
Winkelgeschwindigkeit	ω	rad/s	1 rad/s = 1 m · m ⁻¹ · s ⁻¹ = s ⁻¹		ω = φ/t; 2π/s = 2π rad/s
Beschleunigung	a	m/s ²	1 m/s ² = 1 m · s ⁻²	cm/s ²	a = v/t
Winkelbeschleunigung	α		1 rad/s ² = 1 m · m ⁻¹ · s ⁻² = s ⁻²		α = ω/t
Volumenstrom, Volumendurchsatz	Ṃ	m ³ /s	1 m ³ /s = 1 m · m · m · s ⁻¹	l/s; l/min; m ³ /min; m ³ /h	Ṃ = V/t
Mechanik					
Masse	m	kg		mg; g; t; dt; kt	
längenbezogene Masse	m'	kg/m	1 kg/m = 1 kg · m ⁻¹	g/cm; g/m	m' = m/l
flächenbezogene Masse (Flächenmasse)	m''	kg/m ²	1 kg/m ² = 1 kg · m ⁻²	g/cm ² ; g/m ²	m'' = m/A
Dichte (volumenbezogene Masse)	ρ	kg/m ³	1 kg/m ³ = 1 kg · m ⁻³	kg/dm ³ ; kg/l; g/cm ³ ; t/m ³	ρ = m/V
spez. Volumen	v	m ³ /kg	1 m ³ /kg = 1 m ³ · kg ⁻¹		v = 1/ρ
Massestrom, Massedurchsatz	ṁ	kg/s	1 kg/s = 1 kg · s ⁻¹	g/s; kg/min; kg/h; t/h	ṁ = m/t
Impuls, Kraftstoß	p	kg · m/s	1 kg · m/s = 1 kg · m · s ⁻¹ = 1 N · s		p = m · v = F · t
Drehimpuls, Drall	L	kg · m ² /(s · rad)	1 kg · m ² /(s · rad) = 1 kg · m ² · s ⁻¹ · rad ⁻¹ = 1 N · m · s/rad	g · cm ² /s	L = J · ω
Impulsmoment	b	kg · m ² /s	1 kg · m ² /s = 1 kg · m ² · s ⁻¹ = 1 N · m · s		b = M · t
(Massen-)Trägheitsmoment	J	kg · m ² ; kg · m ² /rad ²	1 kg · m ² = 1 kg · m · m = 1 N · m · s ²		J = m · l ²
Widerstandsmoment	W	m ³	1 m ³ = 1 m ² · m	mm ³ ; cm ³	W = l/l
Flächenträgheitsmoment	I	m ⁴	1 m ⁴ = 1 m ² · m ²	mm ⁴ ; cm ⁴	I = A · l ²
Kraft	F	N	1 N = 1 m · kg · s ⁻²	kN; MN	F = m · a Gewichtskraft F _G = m · g
Kraftmoment	M	N · m	1 N · m = 1 m ² · kg · s ⁻²	kN · m; MN · m	
Drehmoment	M _d	N · m/rad			M = F · l
Moment eines Kräftepaars					
Biege-/Torsionsmoment	M _b ; M _t				
Druck					
Spannung, mechanische (Zug-, Druck-, Biege-, Torsions-, Scher-, Normalspannung)	p; σ; τ	Pa	1 Pa = 1 N/m ² = 1 m ⁻¹ · kg · s ⁻²	kPa; MPa; GPa	p = F/A
mech. Streck-, Bruchgrenze	σ _s ; σ _B				
Elastizitätsmodul	E				
Kompressionsmodul	K				
Schub-/Torsionsmodul	G				
dynamische Viskosität	η	Pa · s	1 Pa · s = 1 m ⁻¹ · kg · s ⁻¹ = 1 N · s/m ²	mPa · s	
kinematische Viskosität	ν	m ² /s	1 m ² /s = $\frac{1 \text{ Pa} \cdot \text{s}}{1 \text{ kg/m}^3}$ = 1 m ² · s ⁻¹	mm ² /s	ν = η/ρ
Arbeit	W; A				
Energie	W; E	J	1 J = 1 m ² · kg · s ⁻² = 1 N · m	kJ; MJ; W · h; kW · h	W = F · l = $\frac{m \cdot v^2}{2}$
Wärmemenge	W; Q		= 1 W · s		
Leistung, mechanisch, elektrisch	P	W	1 W = 1 m ² · kg · s ⁻³ = 1 J/s = 1 N · m/s	kW; MW; GW	P = W/t = F · v Antriebs-/Drehleistung in N · m · rad · s ⁻¹
Elektrizität					
Stromstärke	I	A		μA; mA; kA	
Elektrizitätsmenge (elektrische Ladung)	Q	C	1 C = 1 A · s	A · h	Q = I · t
elektrische Spannung	U	V	1 V = 1 m ² · kg · s ⁻³ · A ⁻¹ = 1 W/A	kV; MV	U = W/Q = I · R
elektrischer Widerstand	R	Ω	1 Ω = 1 m ² · kg · s ⁻³ · A ⁻² = 1 V/A	mΩ; kΩ	R = U/I
elektrische Feldstärke	E	V/m	1 V/m = 1 m · kg · s ⁻³ · A ⁻¹		E = U/l
elektrische Kapazität	C	F	1 F = 1 m ⁻² · kg ⁻¹ · s ⁴ · A ² = C/V	pF; nF; μF; mF	C = Q/U
Optik					
Lichtstrom	Φ _v	lm	1 lm = 1 cd · sr	mlm; klm	Φ _v = I _v · Ω
Beleuchtungsstärke	E _v	lx	1 lx = 1 cd · sr/m ² = 1 lm/m ²	mlx; klx; lm/cm ²	E _v = Φ _v /A
Temperatur (thermodynam.)	T	K	—	°C	
spez. Wärmekapazität	c	J/(K · kg)	1 J/(K · kg) = 1 m ² /(s ² · K)	kJ/(K · kg)	c = C/m

Tafel 2. Unbefristet gültige SI-fremde Einheiten

Größe	Formelzeichen	Benennung der Einheit	Einheitenzeichen	SI-Einheit	Umrechnung in SI-Einheit
Fläche	A	Hektar ¹⁾	ha	m ²	1 ha = 1 · 10 ⁴ m ²
Volumen	V	Liter ²⁾	l; L	m ³	1 l = 1 · 10 ⁻³ m ³
ebener Winkel φ		Grad	°	rad	1° = $\frac{\pi}{180}$ rad = 17,45 mrad
		Minute	'	rad	1' = 290,9 μrad
		Sekunde	"	rad	1" = 4,85 μrad
		Minute	min	s	1 min = 60 s
Zeit	t	Stunde	h	s	1 h = 3600 s = 60 min
		Tag	d	s	1 d = 86400 s = 24 h
Masse	m	Tonne ¹⁾	t	kg	1 t = 1 · 10 ³ kg

¹⁾ auf Spezialgebiet gültig

²⁾ Vorsätze sind zulässig

Außerdem ist die Anwendung folgender Kalendereinheiten zulässig:

Woche (Wo.) = 7 d; Monat (Mon.) = 28 bis 31 d; Jahr (a) = 365 oder 366 d

nicht geläufig. Oft wird für Kraft der Begriff „Last“ genutzt, der nach [10] weitere Erscheinungsformen, z. B. die Masse, beinhaltet. Unter Belastung wird die Einwirkung von Kräften und Momenten auf Bauteile verstanden. Bei Lastannahmen oder Lastkollektiven sind Kräfte gemeint. Deshalb wird vorgeschlagen, den Vorsatz „Last“ zur Angabe vertikaler Kräfte, z. B. Rad-Achslast, und nicht für Massen zu verwenden. Sinngemäß gelten diese Feststellungen auch für das Kraftmoment, z. B. Hubkraftmoment, gemessen in N · m. Im Maschinenbau dürfte sich für die mechanische Arbeit, ausgedrückt z. B. durch das Biegemoment, Drehmoment oder Hubkraftmoment, die SI-Einheit N · m durchsetzen. Ist ein Fehler $\geq 2\%$ zulässig, gilt $1 \text{ kp} \cdot \text{m} \approx 10 \text{ N} \cdot \text{m}$. Handelt es sich bei der Energie um eine Wärmemenge, z. B. im Motor oder die des Kraftstoffs, ist mit der Angabe in J anstelle der ungültigen Einheit cal ($1 \text{ cal} \approx 4,19 \text{ J}$) zu arbeiten.

Für die elektrische Energie wird man die SI-Einheit W · s vorziehen. Bei den voranstehenden Fällen geht es um Arbeit bzw. Energie, für die die SI-Einheit $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$ zutrifft. Es gibt keine Festlegungen über die Zuordnung der SI-Einheiten J, N · m oder W · s zu den verschiedenen Energieformen.

Unproblematisch dürfte dagegen die Angabe der mechanischen wie auch der elektrischen Leistung in der Einheit W anstelle der unzulässigen Angabe in PS sein ($1 \text{ PS} \approx 735,5 \text{ W}$). In der Fahrzeug- und Fördertechnik sowie im Maschinenbau allgemein wird die SI-fremde Einheit kW verwendet, beispielsweise für die Motorleistung oder Hubleistung eines Frontladers. Die spezifische Motorleistung als Leistungs-Masse-Verhältnis wird dann in der Einheit kW/t ausgedrückt.

Statt der vielen Druckeinheiten $\text{kp/cm}^2 = \text{at}$, atm (physikalische Atmosphäre), m Wassersäule, Torr und bar gilt nur noch die SI-Einheit

Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). Dieser Schritt stellt sich in der Fahrzeug- und Fördertechnik oder in der Hydraulik wie folgt dar:

— Reifeninnendruck in kPa, z. B. 320 kPa ($3,2 \text{ kp/cm}^2$)

— Bremsdruck in kPa, z. B. 735 kPa ($7,35 \text{ kp/cm}^2$)

— Betriebsdruck, hydraulisch, in MPa, z. B. 16 MPa (160 kp/cm^2)

— Bodendruck in MPa, z. B. 0,3 MPa (3 kp/cm^2).

Dabei erscheint die vereinfachte Umrechnung $1 \text{ kp/cm}^2 \approx 100 \text{ kPa}$ bei einem zulässigen Fehler $\geq 2\%$ als vertretbar.

Bei der Angabe von mechanischen Spannungen und Festigkeiten — vor allem bei metallischen Werkstoffen — empfiehlt es sich, die Einheit MPa zu verwenden, anschaulicher als N/mm^2 geschrieben. Unter Vernachlässigung eines Fehlers von $\geq 2\%$ — was auch bei Festigkeitsberechnungen oft zulässig sein dürfte — gilt:

$1 \text{ kp/cm}^2 \approx 0,1 \text{ MPa} = 0,1 \text{ N/mm}^2$

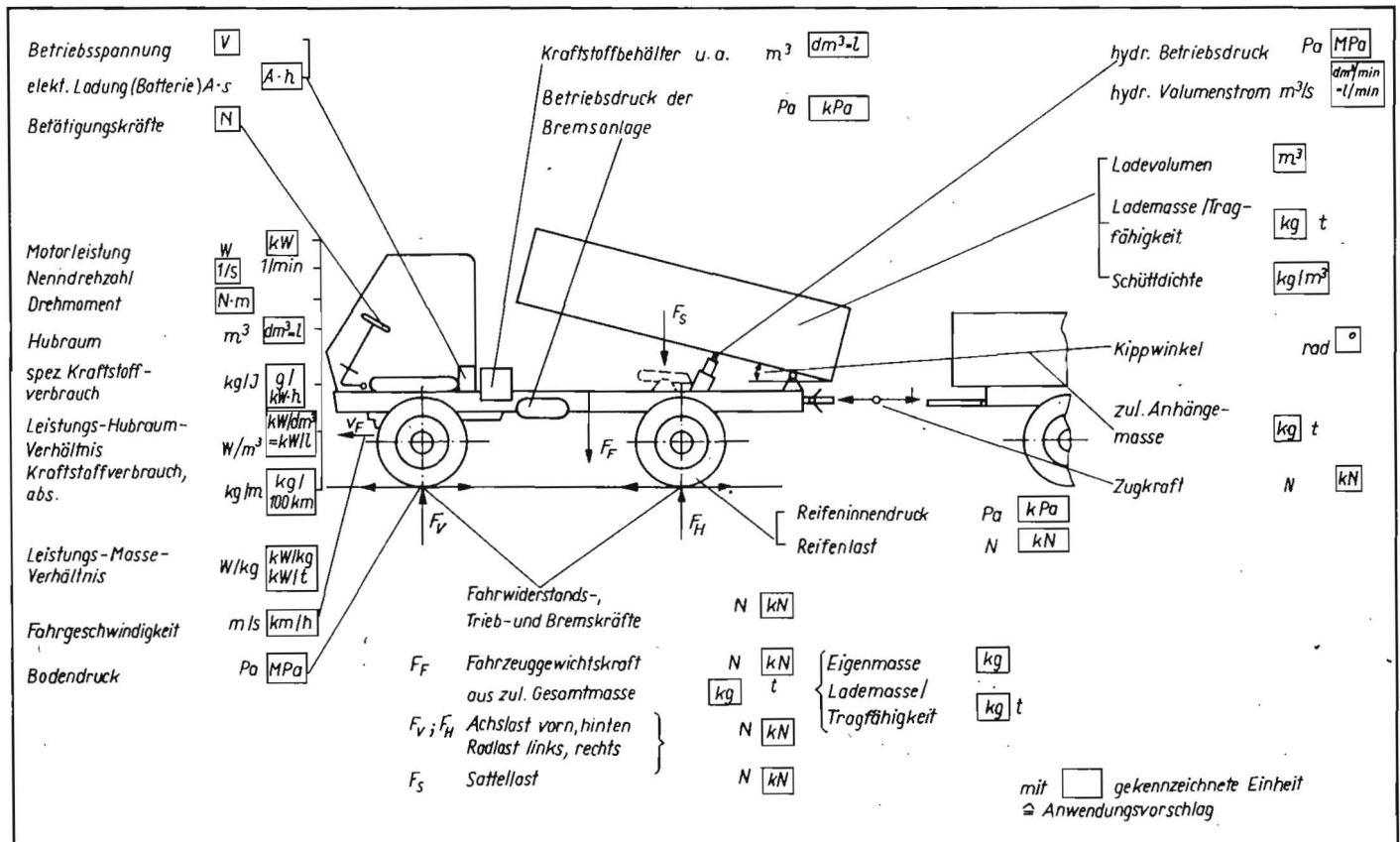
$1 \text{ kp/mm}^2 \approx 10 \text{ MPa} = 10 \text{ N/mm}^2$

Damit erhält man Zahlenwerte, die zwischen den bisher für die Einheiten kp/cm^2 und kp/mm^2 geläufigen Werten liegen. Für die Angabe von Elastizitätsmodul, Schubmodul u. a. dürfte die Einheit GPa zutreffender sein ($1 \text{ GPa} = 10^3 \text{ N/mm}^2$).

3.2. Länge und Zeit

Es wird nicht immer zweckmäßig sein, jede Längen- (Flächen-, Raum-) angebe in der SI-Einheit m (m^2 , m^3) vorzunehmen. Anschaulicher sind oftmals in der Dokumentation die inkohärenten Einheiten mm, cm oder km, z. B. für den Transportweg. Anstelle m^3 für das Tankvolumen von Kraftstoff oder Fluiden sind Angaben in dm^3 oder l zweckmäßiger. Gleiches trifft für den Hubraum eines Motors zu. Bei der Angabe in dm^3 bleibt der gleiche Zahlenwert wie bei der bisherigen Literangabe erhalten.

Bild 1. Anwendung der SI-Einheiten und Begriffe am LKW



Bei Zeit-, Drehzahl-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsangaben dürfte es für den Ingenieur und Techniker problemlos sein, die Basiseinheiten s und m zu verwenden, z. B. Fördergeschwindigkeit in m/s, Bremsverzögerung in m/s² oder Motordrehzahl in 1/s. Ungewohnt ist es, daß Einheiten von Größen, die nur in mechanischen Rotationssystemen vorkommen (z. B. Winkelgeschwindigkeit, Drehmoment, Massenträgheitsmoment) nur dann exakt den physikalischen Sachverhalt widerspiegeln, wenn sie die Winkeleinheit Radiant (rad) enthalten [11].

Für den Nutzer von Transport- und Umschlagmitteln ist es sinnvoll, für Länge und Zeit die SI-fremden Einheiten km, min, h u. a. im Interesse erhöhter Anschaulichkeit beizubehalten (Beispiele: Fahrgeschwindigkeit in km/h, Drehzahl in 1/min, spezifischer Kraftstoffverbrauch in g/kWh anstelle der SI-Einheit kg/J).

Für wissenschaftliche und technische Berechnungen bringt allerdings nur die konsequente Verwendung der SI-Einheiten m, s und rad die Vorteile des SI voll zur Wirkung.

3.3. Temperatur

Temperaturangaben von Fluiden interessieren beim Betrieb von Transport- und Umschlagmitteln aus der Sicht ihrer Kontrolle.

Aus praktischen Gründen wird dafür die Beibehaltung der gleichberechtigt zulässigen Angaben in Grad Celsius (°C) für erforderlich gehalten. Da die Differenz von 1°C = 1 K ist, werden Temperaturdifferenzen nur noch in Kelvin angegeben, so daß z. B. die Raumtemperatur 20°C ± 2 K ist [4]. Für thermodynamische Berechnungen ist bevorzugt die SI-Einheit K zu verwenden.

3.4. Winkel

Problematisch erscheint die Einführung von Winkelangaben in der SI-Einheit rad, wobei

folgende Beziehung zur üblichen Winkeleinheit in Grad sehr unanschaulich ist:

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,3^\circ$$

$$1^\circ = \frac{2\pi}{360} \text{ rad} = 0,01745 \text{ rad}$$

Zu empfehlen ist, daß die SI-fremden Einheiten Grad, Winkelminute und -sekunde für den ebenen Winkel, z. B. Kippwinkel, Pendelwinkel an der Sattelkupplung, bei Standsicherheitsangaben u. a. beibehalten werden. Die rationale Unterteilung des Vollkreises, z. B. bei Kreisteilungen in der Technik und Angaben auf technischen Zeichnungen, erfordern Winkelangaben in Grad. Die SI-Einheit rad ist anzuwenden, wo aus mathematischen Gründen ohnehin im Bogenmaß gerechnet werden muß. Im Bild 1 wird die Anwendung der SI-Einheiten und Begriffe am Beispiel eines LKW verdeutlicht. Auffallend ist der hohe Anteil SI-fremder Einheiten, um die Anschaulichkeit zu erhalten.

4. Zusammenfassung

Die allgemeingültigen Regelungen zur Anwendung der SI- und SI-fremden Einheiten werden aufbauend auf dem Standard TGL 31548 „Einheiten physikalischer Größen“ behandelt. Die Darlegung der SI-Einheiten für wesentliche Größen der Transport- und Umschlagtechnik an Beispielen zeigt, daß es zur besseren Anschaulichkeit und Handhabung in der Praxis erforderlich ist, eine Reihe unbefristet gültiger SI-fremder Einheiten zu wählen. Mit Einführung der SI-Einheiten wird es immer notwendiger, klare Begriffe zu suchen und anzuwenden, um Fehler und Unkorrektheiten zu vermeiden. Im Beitrag werden Ansätze zu begrifflichen Überlegungen zusammengefaßt und zur Diskussion gestellt.

Literatur

- [1] TGL 31548 Einheiten physikalischer Größen. Ausg. März 1979.
- [2] Bender, D.; Pippig, E.: Einheiten und Maßsysteme. SI. Berlin: Akademie-Verlag 1977.
- [3] Förster, H.: Größen, Gleichungen und ihre praktische Anwendung, 3. Aufl. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1976.
- [4] Padelt, E.: Probleme beim Übergang zur umfassenden Anwendung der SI-Einheiten. agrartechnik 24 (1974) H. 9, S. 458—461.
- [5] Richtlinie zur Anwendung des Internationalen Einheitensystems (SI) in Standards und in der Literatur. Mitteilungen des ASMW 18/78.
- [6] TGL 29124 Masse, Kraft, Begriffe. Ausg. April 1976.
- [7] Fischer, R.; Padelt, E.; Schindler, H.: Physikalisch-technische Einheiten richtig angewandt, 3., bearb. Auflage. Berlin: VEB Verlag Technik 1975.
- [8] Großmann, G.: Größen des Güterstromes. Hebezeuge und Fördermittel 17 (1977) H. 2, S. 42—45.
- [9] Schulz, H.: SI-Einheiten in der Fahrzeugtechnik. Der Deutsche Straßenverkehr (1978) H. 11, S. 372—374.
- [10] Scheffler, M.: Es ist eine Last mit der Last. Hebezeuge und Fördermittel 18 (1978) H. 1, S. 4—5.
- [11] Richtlinien zur Anwendung des Internationalen Einheitensystems (SI). agrartechnik 25 (1975) H. 11, S. 543—550. A 2833

Zur Analyse des Standes von Automatisierungseinrichtungen an Landmaschinen unter besonderer Berücksichtigung von Nachführungseinrichtungen

Dozent Dr. sc. techn. P. Jakob, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

1. Stand der Automatisierungseinrichtungen an Landmaschinen

Bei der Entwicklung der Landtechnik kommt den Fragen der Automatisierung bestimmter Vorgänge, Operationen und Arbeitsgänge im Arbeitsprozeß eine immer größere Bedeutung zu. Forderungen und Voraussetzungen, wie entsprechende Automatisierungsgeräte aus der Industrie, automatisierungsreife Maschinenkonzeptionen und Baugruppen sowie automatisierungsgerechte Antriebe und Hilfsenergie, beeinflussen die Tätigkeit des Konstrukteurs von Automatisierungseinrichtungen an Landmaschinen. Die zweckorientierte Nutzung der Mittel der Meß- und Rechentechnik sowie der Steuerungs- und Regelungstechnik ist die Basis für die Schaffung dieser Automatisierungseinrichtungen [1]. Der Konstrukteur muß zunehmend solche Ziele, wie die Minderung der Beanspruchung des Menschen, Steigerung der Arbeitsproduktivität und Übergang zu teil-

automatisierten Maschinen bzw. Maschinensystemen, in seinen Lösungen realisieren.

Eine Analyse der Literatur hinsichtlich ausgeführter Automatisierungseinrichtungen ergab, daß sich die Anwendung von Automatisierungseinrichtungen auf die Führung von Arbeitsorganen, auf die automatische Beimengungstrennung und auf die Durchsatzregelung konzentriert. Außerdem war festzustellen, daß eine Reihe unterschiedlicher Wirkprinzipie für die Signalgewinnung genutzt wird. Für die Signalverarbeitung wird aber bevorzugt der Ablauf mit den Hilfsenergiearten nach Bild 1 angewendet.

Insgesamt sehr vermerkt werden, daß es sich bei den untersuchten Automatisierungseinrichtungen an mobilen landwirtschaftlichen Maschinen in den meisten Fällen um Prinzipmuster handelt und daß zur Durchsetzung der Automatisierungseinrichtungen in der Landwirtschaft noch umfangreiche Aufgaben zu lösen sind.

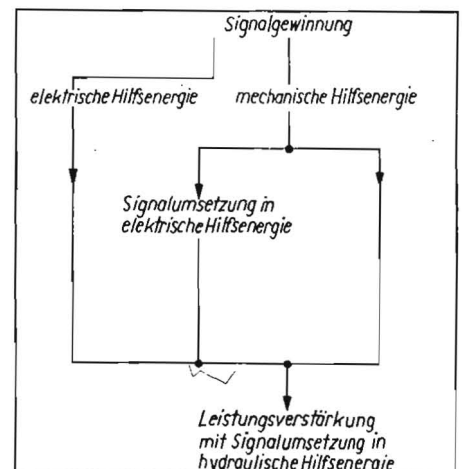


Bild 1. Bevorzugter Signalverarbeitungsablauf