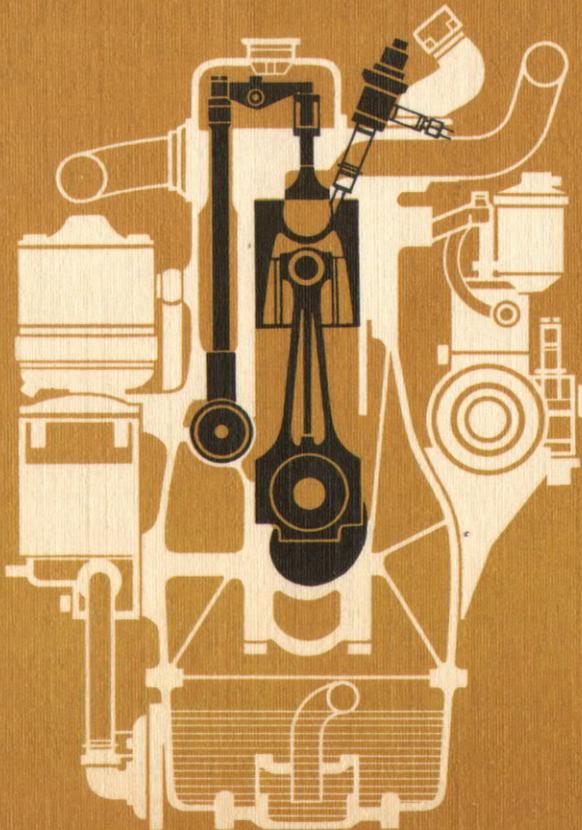
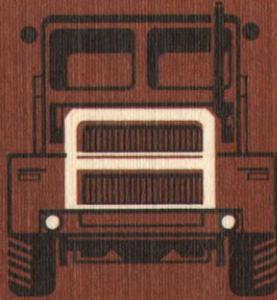


9

Einführung in die sozialistische Produktion

Traktorentechnik



Einführung in die sozialistische Produktion

*Traktorentechnik
Steuerungs- und Regelungstechnik*

Lehrbuch für Klasse 9



Volk und Wissen
Volkseigener Verlag Berlin
1980

Autoren: Gerhard Schneider (Traktorentchnik)

Alfred Hänzka (Einführung in die Steuerung und Regelung von Maschinen und Anlagen)

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch
bestätigt.

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1976

4. Auflage

Ausgabe 1976

Lizenz Nr. 203 · 1000/79 (UN 060907—4)

LSV 0681

Redaktion: Inge Enger, Gerda Mehlis

Einband: Karl-Heinz Wieland

Typographische Gestaltung: Horst Albrecht

Zeichnungen Gerhard Anton

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: (140) Druckerei Neues Deutschland, Berlin

Schrift: Univers

Redaktionsschluß: 6. September 1979

Bestell-Nr. 730 653 3

Schulpreis DDR: 1,00

Inhalt

Traktorentechnik

<i>Einführung</i>	6
<i>Dieselmotor</i>	9
Aufgaben des Dieselmotors	9
Aufbau und Wirkungsweise des Dieselmotors	9
Motorgehäuse	10
Steuerungseinrichtung	11
Kurbelgetriebe	12
Ablauf eines Arbeitsspiels	14
Gemischbildung	15
Kraftstoffanlage	16
Luftanlage	19
Abgasanlage	20
Schmieranlage	20
Kühlanlage	22
<i>Kraftübertragung</i>	25
Kupplung	26
Schaltgetriebe	28
Berechnungen zum Schaltgetriebe	29
Ausgleichgetriebe	31
Endgetriebe	31
Wartung der Getriebe	31
<i>Fahrwerk</i>	32
Vorderachse	33
Hinterachse	33
Räder	34
Radschlupf	36
Pflege der Reifen	37
Lenkung	38
Lenkungsarten	38
Vorspur	38
Pflege und Wartung der Lenkung	39
Bremsen	39
Aufbau und Wirkungsweise der Reibungsbremse	40
Kraftübertragung zur Bremse	40
Einzelradbremse	41
Anhängerbremsen	41
Pflege und Wartung der Bremsanlage	42

<i>Elektrische Anlage</i>	44
Lichtmaschine	45
Batterie (Akkumulator)	46
Reglerschalter	46
Anlasser	47
Licht- und Signalanlage	48
Pflege und Wartung der elektrischen Anlage	49
 <i>Einrichtungen am Traktor für den Einsatz mit Arbeitsgeräten</i>	51
Anbau- und Anhängereinrichtungen	51
Hydraulikanlage	52
Zapfwellen	53
 <i>Überprüfen der Verkehrs- und Betriebssicherheit</i>	55
Verkehrssicherheit	55
Betriebssicherheit	56
Pflege des Traktors	57
Pflegegruppen für Traktoren	57

Einführung in die Steuerung und Regelung von Maschinen und Anlagen

<i>Einführung</i>	62
 <i>Steuerung</i>	63
Handsteuerung	63
Ventilsteuerung als selbsttätige Steuerung	63
Wirkungsablauf der Ventilsteuerung	64
Grundbegriffe der Steuerungstechnik	65
Darstellung der Steuerung	66
Weitere Beispiele für Steuerungen	66
Steuerung einer Belüftungsanlage	66
Steuerungen an Landmaschinen	67
 <i>Regelung</i>	69
Handregelung der Kühlwassertemperatur eines Verbrennungsmotors	69
Selbsttätige Regelung der Kühlwassertemperatur	71
Wirkungsablauf der Temperaturregelung des Kühlwassers	71
Grundbegriffe der Regelungstechnik	72
Erklärung der Grundbegriffe	73
Darstellung der Regelung	73
Weitere Beispiele für Regelungen	74
Selbsttätige Temperaturregelung bei luftgekühlten Motoren	74
Flüssigkeitsstandregelung in einer Viehtränke	74
Regelungen im Brutapparat und am Traktor	77
Aufgaben der Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landwirtschaft	77

Traktorentechnik



Einführung

Leistungsstarke, technisch hochentwickelte Traktoren haben eine entscheidende Bedeutung bei der Mechanisierung der Landwirtschaft. Ihre Hauptaufgaben haben die Traktoren in der industriemäßigen Pflanzenproduktion. Sie dienen zum Antrieb von Anbau-, Anhänger- und Aufsattelgeräten (z. B. Pflüge, Eggen, Grubber, Drillmaschinen, Kartoffelerntemaschinen) und als Zugmittel für Anhänger beim Transport. Weiterhin werden Traktoren in der Tierproduktion sowie in der Futter- und Vorratswirtschaft eingesetzt. Entsprechend den besonderen Anforderungen der unterschiedlichen Einsatzgebiete wurden verschiedene Arten von Traktoren entwickelt, die sich hinsichtlich ihrer

- Zugkraft und Motorleistung sowie
- bestimmter technischer Eigenschaften für spezielle Einsatzgebiete unterscheiden. Dabei weisen alle Traktoren in ihrem Aufbau und ihren Grundelementen bestimmte Gemeinsamkeiten auf.

Die Mitgliedländer des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) haben die Spezialisierung der Traktorenproduktion beschlossen. Dabei wird die DDR im Rahmen der sozialistischen ökonomischen Integration zunehmend Traktoren aus der Sowjetunion importieren und einsetzen (Bilder S. 7). Durch den Einsatz leistungsstärkerer Traktoren kann die Arbeitsproduktivität in der sozialistischen Landwirtschaft weiter gesteigert werden.

Für Transportaufgaben werden in der Landwirtschaft neben dem Traktor auch zunehmend Lastkraftwagen eingesetzt. Der von unseren Fahrzeugwerken entwickelte standardisierte LKW IFA W 50 kann durch entsprechende Aufbauten den verschiedensten Verwendungszwecken angepaßt werden (Bild S. 8). In seinem Grundaufbau gehört er — wie auch der Traktor — zu den Arbeitsmaschinen.

- *Nennen Sie die Elemente, aus denen sich eine Arbeitsmaschine aufbaut!*
(↗ *Techn i Üb, S. 114*)

Im Lehrbuch verwendete Symbole

- ▶ Merksätze
- Beispiele
- Aufgaben
- ↗ siehe

Techn i Üb

Ph i Üb

Technik und Produktion in Übersichten

Physik in Übersichten

Traktor MTS 50/52 und MTS 80/82

■ Traktor MTS 50

Herstellerland: UdSSR
Motorleistung: 40 kW (55 PS) bzw.
55 kW (75 PS)

Zugkraftklasse: 13,7 kN (1,4 Mp)
Die Typen MTS 52 und MTS 82
sind mit zusätzlichem Vorderrad-
antrieb ausgestattet.

Einsatzgebiete:
leichte Bodenbearbeitung, Saat-
bettvorbereitung, Eggen,
Düngerstreuen, Aussaat und
Pflegearbeiten, Ernte und
Transport



Traktor ZT 300/303

■ Traktor ZT 300

Herstellerland: DDR
Motorleistung: 66 kW (90 PS)
Zugkraftklasse: 19,6 kN (2 Mp)
Der Typ ZT 303 ist mit zusätzlichem
Vorderradantrieb ausgestattet.

Einsatzgebiete:
Bodenbearbeitung auf mittel-
schweren bis leichten Böden,
Ernte mit gezogenen Maschinen
(Kartoffelsammelroder, Rüben-
erntemaschinen), Feld- und
Straßentransporte, forstwirt-
schaftliche Arbeiten, Arbeiten in
Hanglagen (besonders ZT 303)



Traktor K 700/K 701

■ Traktor K 700

Herstellerland: UdSSR
Motorleistung: 158 kW (215 PS)/
205 kW (280 PS)
Zugkraftklasse: 49,0 kN (5 Mp)
Beide Typen sind mit Allradantrieb
ausgestattet.

Einsatzgebiete:
Schwere Bodenbearbeitung und
Bestellung auf großen Flächen (Pflügen,
Eggen mit Scheibenegge, Tieflockern,
Drillen)



Lkw W 50

■ Lkw W 50 mit Düngeaufsatz

Herstellerland: DDR

Motorleistung: 92 kW (125 PS)

Einsatzgebiete:

Transporte in allen Bereichen der Volkswirtschaft; in der Landwirtschaft

Transporte von Saatgut, Erntegut von der Erntemaschine bis zum Lager oder zur Verarbeitung, Düngemittel.

In Spezialausführung Ausbringung von Mineraldünger und Gülle, Transport von Mischfutter und Lebendvieh



Dieselmotor

Aufgaben des Dieselmotors

Das Antriebselement des Traktors wie auch des LKW IFA W 50 ist ein Dieselmotor. Er wandelt die bei der Verbrennung des Kraftstoffs entstehende Wärmeenergie in mechanische Energie um, ist also eine Verbrennungskraftmaschine.

- Zu welcher Hauptgruppe von Maschinen gehören die Verbrennungskraftmaschinen?
- Nennen Sie weitere Maschinen dieser Gruppe! (↗ Techn i Üb, S. 113)
- Was wissen Sie über den Wirkungsgrad dieser Maschinen? (↗ Ph i Üb, S. 105)

Dieselmotoren werden auf den verschiedensten Gebieten eingesetzt, z.B. für stationäre Kraftanlagen, als Antriebsmotor für Schiffe, Lokomotiven, Lastkraftwagen, Bagger, selbstfahrende Landmaschinen, Pumpstationen und für Traktoren. Der Dieselmotor wird gegenüber dem Ottomotor bevorzugt, weil er eine Reihe Vorteile hat:

- höheren Wirkungsgrad,
- geringeren Kraftstoffverbrauch,
- Dieseldieselkraftstoff ist wirtschaftlicher herzustellen als Vergaserkraftstoff, den der Ottomotor benötigt;
- der Gehalt der Abgase an unverbrannten Stoffen, besonders an giftigem Kohlenmonoxid, ist wesentlich geringer als beim Ottomotor; dadurch entspricht der Dieselmotor besser den Forderungen des Umweltschutzes.

Der Dieselmotor wird wegen seiner Wirtschaftlichkeit auf vielen Gebieten als Antriebselement eingesetzt. Auch Traktoren, selbstfahrende Erntemaschinen und Lastkraftwagen als wichtigste Mechanisierungsmittel der Landwirtschaft sind mit Dieselmotoren ausgerüstet.

Aufbau und Wirkungsweise des Dieselmotors

- Erläutern Sie kurz das Wirkungsprinzip des Dieselmotors! (↗ Ph i Üb, S. 103)

Trotz der Verschiedenheiten in den Konstruktionsmerkmalen (Ein- oder Mehrzylindermotoren), im Arbeitsverfahren (Viertakt- oder Zweitaktmotoren) und im Kühlsystem (Flüssigkeits- oder Luftkühlung) weisen Dieselmotoren grundsätzlich folgende Baugruppen auf:

- Motorgehäuse
- Steuerungseinrichtung
- Kurbelgetriebe
- Kraftstoffanlage
- Luftanlage
- Abgasanlage
- Schmieranlage
- Kühlanlage

Motorgehäuse

Das Motorgehäuse besteht aus Zylinderkopf, Zylinder bzw. Zylinderblock, Kurbelgehäuse und Ölwanne (Bild 10/1).

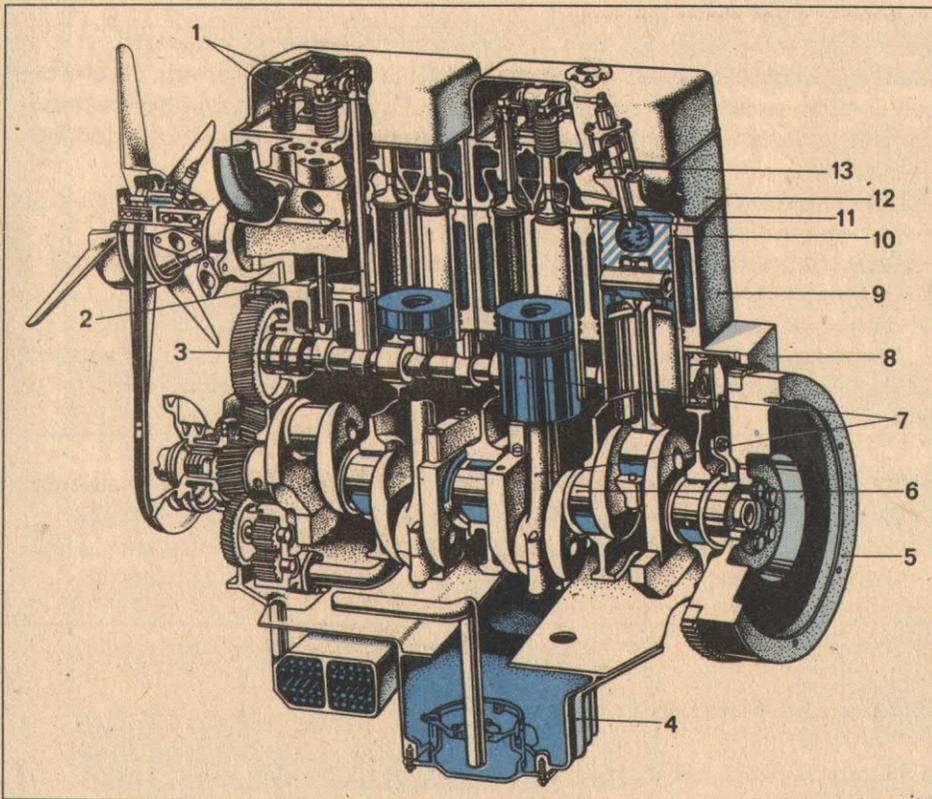


Bild 10/1 Vierzylinder — Viertakt — Dieselmotor (Schnittdarstellung)
 (1) Kipphebel; (2) Stößelstange; (3) Nockenwelle; (4) Ölwanne; (5) Schwungrad;
 (6) Kurbelwelle; (7) Pleuelstange mit Kolben; (8) Kurbelgehäuse;
 (9) Zylinderblock; (10) Zylinderlaufbuchsen; (11) Ventile; (12) Zylinderkopf;
 (13) Düsenhalter mit Einspritzdüse

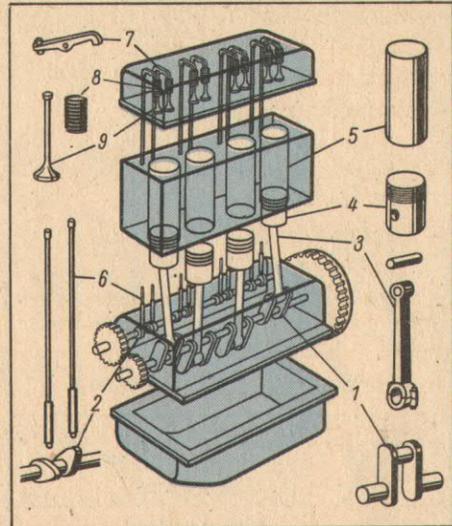


Bild 11/1 Explosivdarstellung des Verbrennungsmotors (1) Kurbelwelle; (2) Nockenwelle; (3) Pleuelstange; (4) Kolben; (5) Zylinderlaufbuchse; (6) Stößelstange; (7) Kipphebel; (8) Ventilsfeder; (9) Ventil

Der **Zylinderkopf** bildet den oberen Abschluß des Zylinders. Er nimmt die Ein- und Auslaßventile und die Einspritzdüse auf. Häufig haben mehrere Zylinder einen gemeinsamen Zylinderkopf (Bild 10/1). Bei luftgekühlten Motoren hat in der Regel jeder Zylinder einen Zylinderkopf (z. B. bei Motorrädern).

Im **Zylinder** sitzen die Zylinderlaufbuchsen, in denen der Kolben bewegt wird. Die modernen Dieselmotoren haben sogenannte „nasse“ Zylinderlaufbuchsen, die direkt vom Kühlwasser umspült und deshalb gut gekühlt werden (Bild 10/1). Luftgekühlte Motoren haben Einzelzylinder, die zur Wärmeabführung mit Kühlrippen versehen sind.

Das **Kurbelgehäuse** enthält die Lager der Kurbelwelle und der Nockenwelle. Nach unten wird das Kurbelgehäuse durch die **Ölwanne** abgeschlossen. Zur besseren Kühlung des Schmieröls sind außen oft Kühlrippen vorhanden.

- *Skizzieren Sie das Motorgehäuse des Ihnen bekannten Dieselmotors, und bezeichnen Sie die einzelnen Teile!*

Steuerungseinrichtung

Der Gaswechsel im Verbrennungsraum des Zylinders wird durch Öffnen und Schließen der Ein- und Auslaßventile über die Nockenwelle gesteuert.

▶ Ventile steuern bei Viertaktmotoren den Gaswechsel im Verbrennungsraum.

Durch Druckfedern, die auf den Ventilschaft wirken, werden die Ventile im Ruhezustand geschlossen gehalten. Das Öffnen der Ventile erfolgt durch die Nockenwelle, die parallel zur Kurbelwelle im Kurbelgehäuse gelagert ist und von der Kurbelwelle angetrieben wird. Stößel, Stößelstange und Kipphebel übertragen die Bewegung auf das Ventil (Bild 12/1, ↗ 10/1 und 11/1).

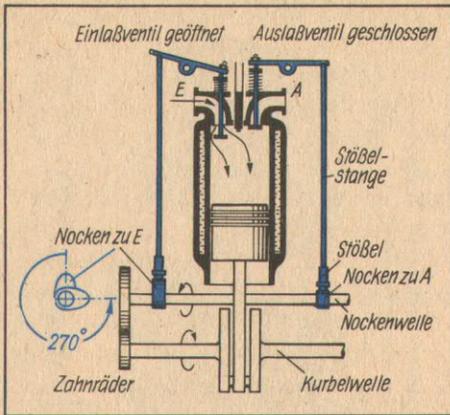


Bild 12/1 Teile der Ventilsteuering

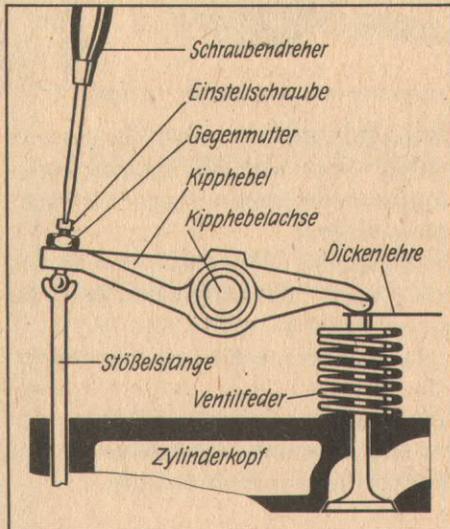


Bild 12/2 Einstellen des richtigen Ventilspiels

Bei geschlossenem Ventil müssen Ventilschaft und Kipphebel einen geringen Abstand voneinander haben (Ventilspiel), damit sich das Ventil bei Erwärmung in der Längsrichtung ausdehnen kann. Damit wird stets ein dichter Sitz des Ventils gewährleistet. Das Ventilspiel verändert sich durch Verschleiß an den Übertragungselementen. Da zu großes oder zu kleines Ventilspiel die Motorleistung nachteilig beeinflussen, müssen die Ventile regelmäßig nachgestellt werden (Bild 12/2).

- Begründen Sie, warum zu großes oder zu kleines Ventilspiel den Wirkungsgrad des Motors verschlechtern!

Kurbelgetriebe

Das Kurbelgetriebe besteht aus Kolben, Pleuelstange und Kurbelwelle. Es hat die Aufgabe, die durch die Verbrennung des Kraftstoffes in Form von Druck nutzbare Energie in Bewegungsenergie umzuwandeln (Bild 14/1).

Der **Kolben** erfüllt folgende Aufgaben:

- er setzt den Verbrennungsdruck in eine mechanische Kraft um, die auf die Pleuelstange übertragen wird,
- er saugt wie eine Luftpumpe die erforderliche Verbrennungsluft an und verdichtet sie,
- er schiebt die Abgase aus.

Dabei bewegt sich der Kolben geradlinig entsprechend der Kurbelwellendrehzahl mit hoher Geschwindigkeit zwischen dem oberen und unteren Totpunkt hin und her. Um die bewegte Masse gering zu halten, werden die Kolben schnellaufender Motoren (z. B. Fahrzeugmotoren) aus Leichtmetall gefertigt. Die Abdichtung gegenüber der Zylinderlauffläche übernehmen die Kolbenringe (Bild 13/1, ↗ 10/1).

Die **Pleuelstange** wandelt die lineare Bewegung des Kolbens in die rotierende Bewegung der Kurbelwelle um. Sie ist Stoß- und Zugbelastungen ausgesetzt und deshalb aus zähem Stahl geschmiedet.

Die **Kurbelwelle** ist entsprechend der Zylinderanzahl des Motors gekröpft. Jeder Kurbelzapfen trägt beweglich eine Pleuelstange. Ausgleichmassen an den Kurbelwangen bewirken eine rotationssymmetrische Massenverteilung (Bild 14/1) und sichern einen ruhigen Motorlauf.

Bei Mehrzylindermotoren sind die Kurbelarme für die einzelnen Zylinder versetzt angeordnet. Damit wird ein gleichmäßigerer Motorlauf erreicht (Bild 14/1, ↗ 10/1). Diesem Zweck dient auch die an einem Ende der Kurbelwelle befestigte Schwungscheibe. Sie wirkt als Energiespeicher und bewegt das Kurbelgetriebe bis zum nächsten Arbeitstakt (↗ Ablauf eines Arbeitsspiels, Tabelle S. 14) weiter. Die Schwungscheibe trägt außerdem einen Zahnkranz, in den beim Starten das Ritzel des Anlassers eingreift.

Weiterhin ist auf der Kurbelwelle ein Zahnrad zum Antrieb der Steuerelemente, der Einspritzpumpe und der Ölpumpe angeordnet. Das vordere, aus dem Kurbelgehäuse herausragende Ende trägt eine Keilriemenscheibe für den Antrieb der Wasserpumpe, des Kühllüfters und der Lichtmaschine.

- Nennen Sie die grundsätzliche Aufgabe eines Kurbelgetriebes!
- Welche weiteren Anwendungsbeispiele für Kurbelgetriebe sind Ihnen bekannt?
- Erläutern Sie die Aufgaben der Ausgleichmassen und der Schwungscheibe!



Bild 13/1 Kolben eines Dieselmotors mit Direkteinspritzung

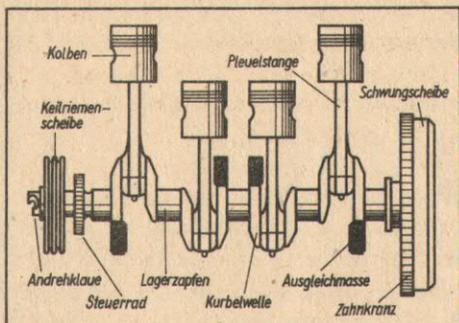


Bild 14/1 Kurbelgetriebe eines Vierzylindermotors mit fünffach gelagerter Kurbelwelle

Ablauf eines Arbeitsspiels

Die Energieumwandlung im Verbrennungsmotor erfolgt in sich ständig wiederholenden *Arbeitsspielen*.

Um die Arbeitsweise des Motors besser verstehen zu können, wird ein Arbeitsspiel — vom Ansaugen der Luft bis zum Ausschieben der Verbrennungsgase — in einzelne Takte unterteilt.

Beim Viertaktmotor umfaßt ein Arbeitsspiel vier Takte, die bei zwei Umdrehungen der Kurbelwelle ablaufen.

Tabelle: Arbeitsspiel eines Viertakt-Dieselmotors

Benennung	1. Takt Ansaugen	2. Takt Verdichten	3. Takt Arbeiten	4. Takt Ausschieben
Kolbenbewegung	OT UT			
Einlaßventil	auf	zu	zu	zu
Auslaßventil	zu	zu	zu	auf
Drehung der Kurbelwelle	1/2	1/2	1/2	1/2

1. Takt — Ansaugen

Der Kolben bewegt sich zum unteren Totpunkt (UT). Dadurch entsteht im Zylinder ein Unterdruck, infolge dessen durch das geöffnete Einlaßventil Luft angesaugt wird. Das Auslaßventil ist geschlossen.

2. Takt — Verdichten

Beide Ventile sind geschlossen. Der Kolben bewegt sich zum oberen Totpunkt (OT) und verdichtet die angesaugte Luft. In die stark erhitzte ($600 \cdots 700^\circ\text{C}$) und unter hohem Druck ($35 \cdots 50 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$) stehende Luft wird am Ende des Verdichtungs- takttes Kraftstoff eingespritzt, der sich unter diesen Bedingungen von selbst ent- zündet.

3. Takt — Arbeiten

Bei der explosionsartigen Verbrennung des Kraftstoffs steigt der Druck im Zylinder weiter an. Die Temperatur beträgt dann etwa 2100°C , und der Kolben wird zum unteren Totpunkt gedrückt. Dabei entspannen sich die Verbrennungsgase, d.h., Druck und Temperatur nehmen wieder stark ab.

4. Takt — Ausschieben

Die Abgase werden mit einer Temperatur von etwa 550°C bei der Bewegung des Kolbens zum oberen Totpunkt durch das geöffnete Auslaßventil ausgeschoben.

● Was wissen Sie über Kolben-Wärme­kraft­ma­schinen?

Gemischbildung

Beim Dieselmotor wird das zündfähige Kraftstoff-Luft-Gemisch im Zylinder gebil- det.

Von einer guten Gemischbildung sind der richtige Verbrennungsablauf und damit die einwandfreie Arbeitsweise, die Leistung und auch die Nutzungsdauer des Motors abhängig.

Um ein gutes Vermischen von Kraftstoff und Luft zu erreichen, wird der Kraftstoff durch die Einspritzdüse unter hohem Druck ($180 \cdots 350 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$) in den Verbrennungsraum eingespritzt. Die durch die Kolbenbewegung im Brennraum vorhandene Luftbewegung unterstützt den Mischvorgang. Ein günstiger Einfluß wird durch entsprechende konstruktive Gestaltung des Brennraums und des Kolbens erreicht. Wird der Kraftstoff direkt in den Brennraum eingespritzt, handelt es sich um Motoren mit Direkteinspritzung.

● Wie wird im Dieselmotor ein zündfähiges Kraftstoff-Luft-Gemisch hergestellt?

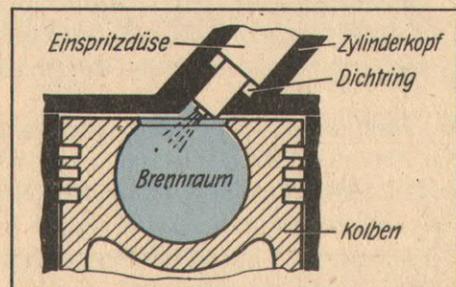


Bild 15/1 Brennraum bei Direkteinspritzung

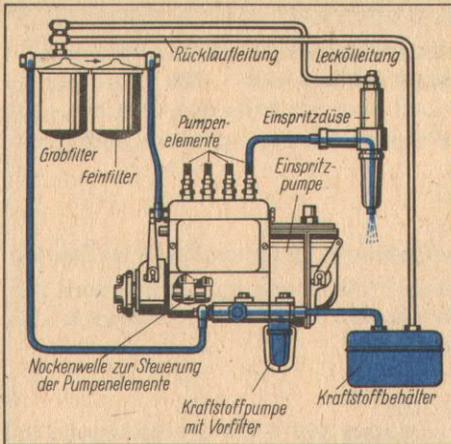


Bild 16/1 Kraftstoffanlage eines Vierzylinder-Dieselmotors

Kraftstoffanlage

Die Kraftstoffanlage leitet den Dieselkraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter in den Verbrennungsraum des Motors. Sie besteht aus

- Kraftstoffbehälter
- Kraftstoffförderpumpe
- Kraftstofffilter
- Einspritzpumpe mit Regler
- Einspritzdüsen mit Düsenhaltern

Die Kraftstoffanlage eines Vierzylinder-Dieselmotors und den Weg des Kraftstoffs zeigt Bild 16/1.

- *Skizzieren Sie die Kraftstoffanlage des Ihnen gezeigten Dieselmotors, und bezeichnen Sie die einzelnen Teile!*

Die **Kraftstoffförderpumpe** hat die Aufgabe, den Kraftstoff vom Kraftstoffbehälter zur Einspritzpumpe zu fördern. Als Kraftstoffförderpumpen werden bei Dieselmotoren vorwiegend Kolbenpumpen verwendet (↗ Hydraulische Anlagen, Ph i Üb, S. 81). Sie sind so ausgebildet, daß die Fördermenge sich selbsttätig der unterschiedlichen Motorbelastung anpaßt.

Der Antrieb der Kraftstoffförderpumpe erfolgt durch die Nockenwelle der Einspritzpumpe. Zum Entlüften der Kraftstoffanlage kann die Kraftstoffförderpumpe auch mit der Hand betätigt werden.

- *Überlegen Sie, warum die Kraftstoffförderpumpe für eine größere Fördermenge ausgelegt ist, als wirklich von der Einspritzpumpe benötigt wird?*

Kraftstofffilter werden in die Kraftstoffanlage eingeschaltet, um Verunreinigungen von den feinstbearbeiteten (geläppten) Teilen der Einspritzpumpe und der Düsen fernzuhalten. Bereits Fremdkörper von 0,003 mm Größe können zu Schäden und vorzeitigem Verschleiß der Einspritzpumpe führen. Die regelmäßige Filterreinigung bzw. das Erneuern des Filtereinsatzes sind deshalb besonders wichtige Wartungsaufgaben.

Die **Einspritzpumpe** hat die Aufgabe, zum Zündzeitpunkt den notwendigen hohen Einspritzdruck zu erzeugen und die richtige Kraftstoffmenge zu fördern.

Die meist angewendete Reiheneinspritzpumpe vereint in einem Block die Pumpenelemente entsprechend der Zylinderzahl des Motors. Der Antrieb der federbelasteten Kolben erfolgt durch eine im Pumpengehäuse gelagerte Nockenwelle, die über ein Zahnrad von der Kurbelwelle angetrieben wird (Bild 17/2).

Die Einspritzmenge wird durch das Betätigen des Fahrfußhebels (Gaspedal) oder durch Handgaseinstellung reguliert. Dabei wird je nach der Pedalstellung die Drehzahl des Motors verringert oder erhöht. Durch einen Fliehkraftregler werden die Leerlauf- und Höchstdrehzahl des Motors geregelt.

Drehzahl und Leistung des Dieselmotors werden durch Veränderung der eingespritzten Kraftstoffmenge geregelt.

Überlegen Sie, warum beim Dieselmotor die Leerlaufdrehzahl nicht unterschritten und die Höchstdrehzahl nicht überschritten werden darf!

Die **Einspritzdüse** ist in einem entsprechenden Düsenhalter eingesetzt (Bild 18/1). Die Düsenöffnung wird durch die federbelastete Düsennadel verschlossen. Bei dem entsprechenden Einspritzdruck wird sie hydraulisch angehoben, und der Kraftstoff spritzt in den Brennraum.

Voraussetzungen für die volle Leistung des Motors und die Einhaltung der Forderungen des Umweltschutzes sind besonders:

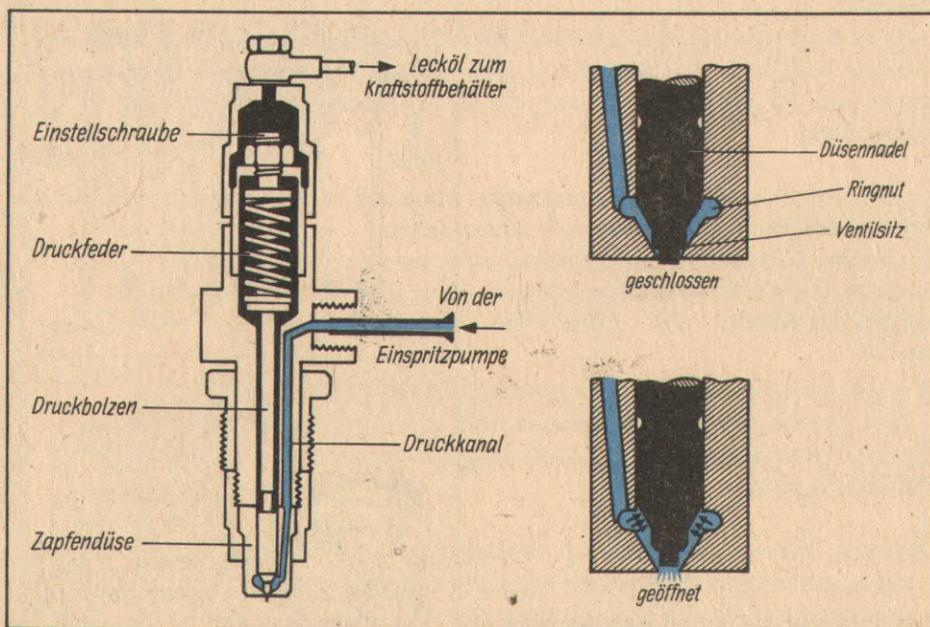


Bild 18/1 Düsenhalter mit Einspritzdüse

- einwandfreies Arbeiten der Einspritzpumpe und Einspritzdüsen,
- richtige Einspritzzeit,
- richtige Einspritzmenge.

Luftanlage

Die Luftanlage hat die Aufgabe, die Luft aus der Atmosphäre in die Zylinder zu leiten. Zu den Bauteilen der Luftanlage gehören das Ansaugrohr, der Luftfilter und die Zuleitungen zu den Zylindern.

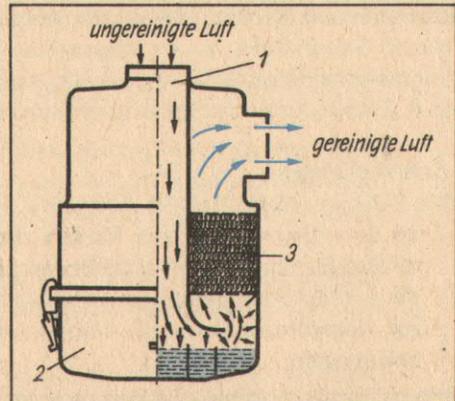


Bild 19/1 Ölbadluftfilter

- (1) Lufteintrittsrohr; (2) Ölbehälter mit Ölbad;
 (3) Filterpaket

Von größter Bedeutung ist die Reinigung der angesaugten Luft durch ein wirksames Filter. Der Staub würde sich sonst mit dem Ölfilm im Zylinder zu einer Schmirgelpaste verbinden und zu einem vorzeitigen Verschleiß des Motors führen. Für den Einsatz in der Landwirtschaft ergeben sich folgende wichtige Forderungen an den Luftfilter:

1. hoher Entstaubungsgrad (Wirkungsgrad des Filters)
2. hohes Staubaufnahmevermögen und geringe Wartungsansprüche

Regelmäßige Wartung und Pflege des Luftfilters sind entscheidende Voraussetzungen für die volle Leistungsfähigkeit und eine lange Nutzungsdauer des Motors.

Ein sehr gebräuchlicher Filter für Traktoren ist der **Ölbadluftfilter** (Bild 19/1). Der durch das Rohr (1) eintretende Luftstrom wird über dem Ölspiegel um 180° umgelenkt. Dabei verringert sich die Luftgeschwindigkeit stark, die schwereren Staubteile werden infolge der Massenträgheit abgeschieden und in dem aufgewirbelten Ölbad (2) gebunden. Das Filterpaket (3) übernimmt die Nachreinigung und verhindert außerdem, daß Filteröl in die Zylinder gesaugt wird.

Vor dem Ölbadluftfilter kann bei besonderer Staubbelastung noch ein *Vorfilter* verwendet werden. Solche Filter nutzen z. B. die Wirkung der Zentrifugalkraft aus. Sie erreichen oft schon eine Abscheidung (vor allem größerer Staubteilchen) bis zu 96% der gesamten Staubmasse.

- *Ermitteln Sie, welche Wartungs- und Pflegearbeiten an den Filtern der in Ihrem Betrieb eingesetzten Traktoren erforderlich sind! (↗ S. 58 und Pflegeanleitungen der Traktoren)*

Abgasanlage

Zur Abgasanlage gehören

- das Abgassammelrohr mit Eintrittsstutzen entsprechend der Zylinderanzahl,
- die Auspuffleitung und
- der Auspuffgeräuschkämpfer.

Die Querschnitte und Längen der Abgasleitungen sind so bemessen, daß kein zu hoher Gegendruck in der Abgasanlage entstehen kann. Für den Einsatz in der Landwirtschaft muß die Abgasanlage so gestaltet und angebracht sein, daß Brände (z. B. Entzündung von Stroh durch Berührung oder Funkenflug) vermieden werden.

Schmieranlage

Die Schmieranlage hat die Aufgaben,

- an den Lagerstellen des Motors die Flüssigkeitsreibung zu sichern und die direkte Berührung von Metallteilen zu verhindern,
- die entstehende Reibungswärme abzuführen und
- zur Abdichtung zwischen Kolben und Zylinderwand und an anderen Stellen beizutragen.

Die modernen Dieselmotoren mit hoher Leistung erfordern wirksame Schmierverfahren; dazu gehört die Druckumlaufschmierung.

Bei der **Druckumlaufschmierung** (Bild 21/1) dient die Ölwanne als Ölbehälter. Eine Zahnradpumpe saugt das Schmieröl an und drückt es durch verschiedene Filter über Röhrchen und Bohrungen an die Schmierstellen des Kurbelgetriebes, der Nockenwelle, der Ventilstößel und Kipphebel. Der Öldruck beträgt $2,5 \cdot \cdot \cdot 5,5 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$. Er wird durch ein Überdruckventil begrenzt und mit einem Manometer überwacht.

Die Zylinderwände werden durch Schleuderöl geschmiert. Das aus den Schmierstellen austretende Öl sammelt sich wieder in der Ölwanne und wird dort gleichzeitig gekühlt. Dazu ist die Ölwanne mit Rippen versehen.

Moderne, leistungsstarke Motoren haben einen zusätzlichen Ölkühler.

- *Erklären Sie auf der Grundlage Ihrer Kenntnisse aus dem Physikunterricht, warum durch ein Schmiermittel die Reibung wesentlich verringert wird!*

Schmierölfilter. Das Schmieröl wird während des Motorbetriebs ständig mit Verunreinigungen (Metallabrieb, Verbrennungsrückstände, Staub) angereichert. Um übermäßigen Verschleiß an den Lagerstellen zu verhindern, werden diese Verunreinigungen durch Filter im Schmierkreislauf ständig abgeschieden. Mit zunehmender Verschmutzung des Filters verringert sich dessen Durchlaßfähigkeit. Da aber unter allen Bedingungen die Versorgung der Schmierstellen mit Öl gewährleistet sein muß, können in den Schmierölkreislauf zwischen Ölpumpe und

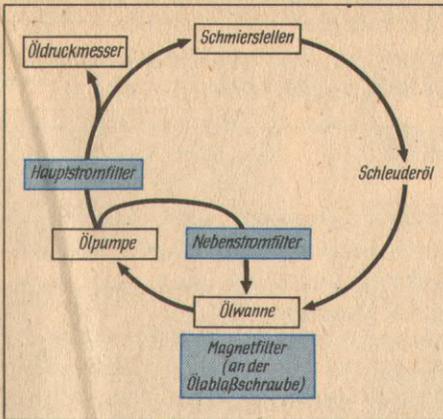


Bild 21/1 Ölkreislauf einer Druckumlaufschmierung

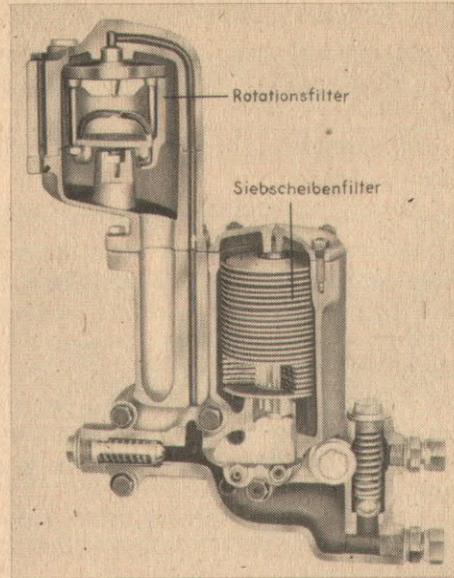


Bild 21/2 Ölfilterkombination

Schmierstellen des Motors (diesen Teil nennt man auch Hauptstrom) nur Filter mit einem begrenzten Abscheidegrad (Teilchen $\geq 0,06$ mm) eingesetzt werden. Um trotzdem eine Feinfiltration zu erreichen, wird ein Teil des Schmieröls vor dem Hauptstromfilter abgezweigt und als sogenannter Nebenstrom über einen Feinfilter direkt zur Ölwanne zurückgeführt.

Als Hauptstromfilter werden *Siebscheibenfilter* oder *Papierfilter*, als Nebenstromfilter meist *Rotationsfilter* eingesetzt.

Hauptstromfilter und Nebenstromfilter können als Ölfilterkombination in einer Baugruppe vereinigt sein (Bild 21/2).

Beim Rotationsfilter dreht sich ein Rotor infolge der Rückstoßkraft des aus feinen Bohrungen austretenden Schmieröls mit hoher Drehzahl. Durch die Zentrifugalkraft werden die Verunreinigungen ($> 0,002$ mm) nach außen geschleudert und innerhalb des Rotors abgeschieden. Ein zusätzliches Abscheiden von metallischen Verunreinigungen kann durch einen *Magnetfilterstopfen* an der Ölablaßschraube erfolgen.

- Stellen Sie fest, auf welche Weise das Schmieröl an Ihrem Lehrfahrzeug gefiltert wird!
- Was schlußfolgern Sie, wenn der Öldruck unter dem Normalwert liegt?
- Welche Ursachen kann ein zu hoher Ölverbrauch haben?

Trotz der ständigen gründlichen Filterung unterliegt das Schmieröl infolge der Temperatur- und Druckbelastung chemischen Alterungsprozessen, die zu einer Verschlechterung seiner Schmiereigenschaften führen. Deshalb ist das Motorschmieröl in bestimmten Zeitabständen (entsprechend Betriebsanleitung, ↗ Pflegegruppen für Traktoren, S. 57) zu erneuern.

Das Altöl ist der Regenerierung zuzuführen. (↗ Versuch, S. 58)

Die Schmierölfilter sind regelmäßig zu pflegen, und das Schmieröl ist entsprechend den in der Betriebsanleitung festgelegten Fristen zu wechseln.

Kühlanlage

Wie aus dem Energiefluß-Diagramm (Bild 22/1) hervorgeht, wird nur rund ein Drittel der bei der Verbrennung des Kraftstoffs freiwerdenden Wärmeenergie in mechanische Arbeit umgesetzt. Der größte Anteil geht durch die Abgase, durch Wärmestrahlung und durch die Erwärmung der Motorteile verloren.

Eine einwandfreie Funktion und lange Nutzungsdauer des Motors sind nur bei einer Betriebstemperatur von etwa 80 °C gewährleistet. Zu hohe Temperaturen führen zur Verringerung des Lagerspiels und verursachen das Festgehen des Motors. Bei zu niedrigen Temperaturen tritt erhöhter Verschleiß durch mangelhafte Schmierung ein. Das Einhalten der günstigsten Betriebstemperatur gewährleistet die Kühlanlage.

Zum Einhalten der günstigsten Betriebstemperatur von etwa 80 °C erfordert der Motor eine Kühlanlage.

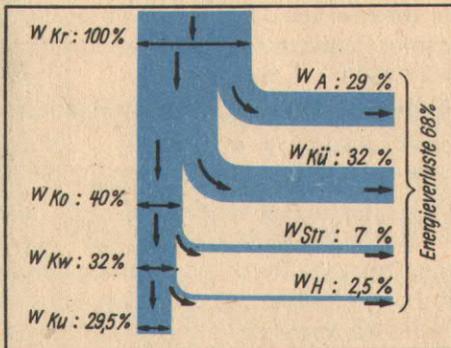


Bild 22/1 Energieflußdiagramm des Dieselmotors

- W_{Kr} : im Kraftstoff enthaltene Energie
- W_{Ko} : an den Kolben abgegebene Arbeit
- W_{Kw} : nutzbare Motorarbeit an der Kurbelwelle
- W_{Ku} : an der Kupplung abnehmbare Arbeit
- W_A : Energie der Abgase
- $W_{Kü}$: über das Kühlmittel abgeführte Energie
- W_{Str} : durch Strahlung abgegebene Energie
- W_H : Energie für Hilfsaggregate (Lichtmaschine, Lüfter)

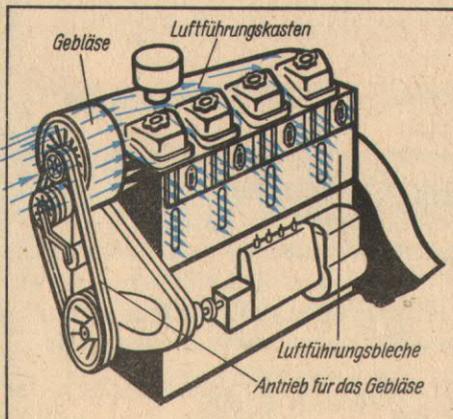


Bild 22/2 Prinzipieller Aufbau der Luftkühlung

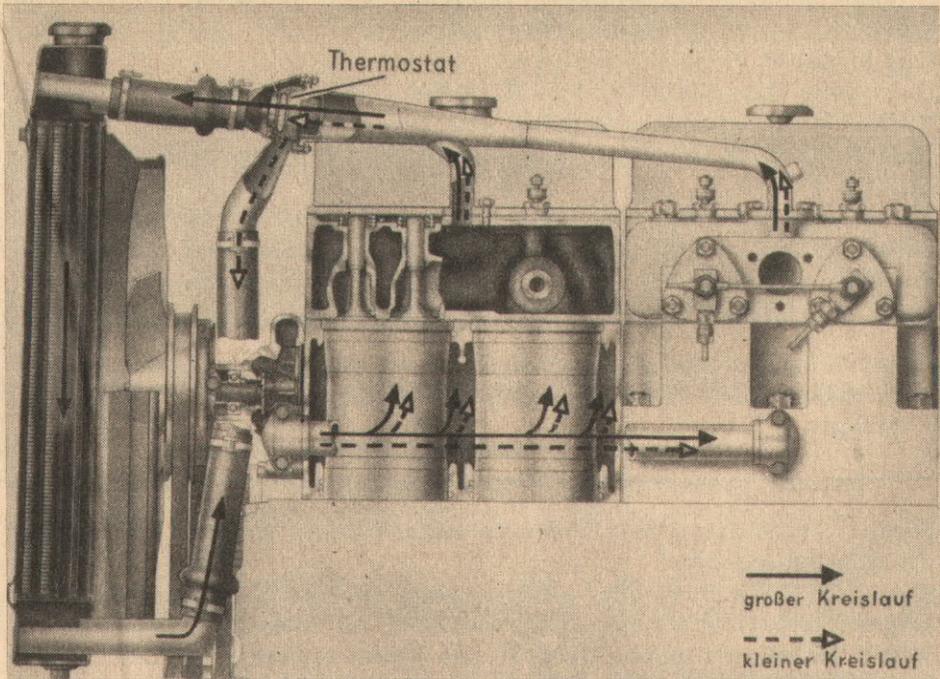


Bild 23/1 Aufbau der Pumpenumlaufkühlung

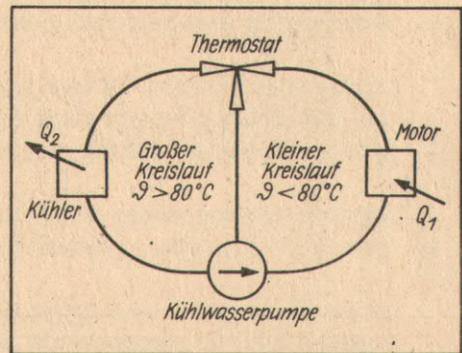


Bild 23/2 Schematische Darstellung der Pumpenumlaufkühlung

- Q_1 : vom Kühlwasser im Motor aufgenommene Wärmemenge
- Q_2 : im Kühler an die Umgebungsluft abgegebene Wärmemenge

Bei der **Luftkühlung** (direkte Kühlung) wird die Umgebungsluft als Kühlmittel durch ein leistungsfähiges Gebläse über Luftleitbleche zum Zylinder und Zylinderkopf geführt (Bild 22/2). Diese sind zur Verbesserung des Wärmeübergangs mit Rippen versehen. Luftgekühlte Motoren werden z.B. in einigen LKW und PKW sowie bei Motorrädern verwendet.

- Betrachten Sie den Zylinder an einem Motorrad!

Die **Wasserkühlung** ist eine indirekte Kühlung, bei der das Kühlwasser als Wärmeträger wirkt. Es nimmt beim Umspülen von Zylinder und Zylinderkopf die Motorwärme auf und gibt sie in einem Kühler an die Umgebungsluft ab. Der

Wasserumlauf kann selbsttätig oder zwangsläufig durch eine *Pumpenumlaufkühlung* (Bilder 23/1 und 23/2) erfolgen.

Durch einen Thermostaten wird der Kühlwasserkreislauf geregelt. Der Thermostat läßt das Wasser erst durch den Kühler strömen, wenn eine Mindesttemperatur von etwa 80 °C erreicht ist (↗ Steuerung und Regelung von Maschinen und Anlagen, S. 71).

Bei der Luftkühlung kann ein elektrischer Temperaturwächter die Regelung übernehmen. Er mißt z. B. die Temperatur des Motoröls. Erreicht diese einen bestimmten Wert, schaltet er über eine elektromagnetische Kupplung das Gebläse ein.

Zum Einhalten der günstigsten Betriebstemperatur wird die umlaufende oder durchströmende Kühlmittelmenge (Wasser, Luft) mit Hilfe von Thermostaten geregelt.

- *Erklären Sie auf Grund Ihrer Kenntnisse aus dem Fach Physik drei Möglichkeiten der Wärmeausbreitung!*
- *Begründen Sie, aufbauend auf Ihre Kenntnisse aus dem Physikunterricht, warum luftgekühlte Zylinder Kühlrippen haben müssen und wassergekühlte nicht!*
- *Stellen Sie fest, auf welche Weise an den Traktoren Ihres Einsatzbetriebes die Betriebstemperatur geregelt wird!*

- Berechnen Sie das Drehmoment für einen Motor mit einer Leistung von 66,1 kW und einer Drehzahl von 1850 min^{-1} !

Der Dieselmotor kann sein maximales Drehmoment nur in einem bestimmten Drehzahlbereich abgeben. Die unterschiedlichen Einsatzbedingungen des Traktors erfordern aber an den Antriebsrädern sowohl geringe Drehzahlen mit großem Drehmoment (große Zugkräfte bei Feldarbeiten) als auch hohe Drehzahlen bei geringem Drehmoment (höhere Fahrgeschwindigkeiten bei Straßentransport). Deshalb ist es notwendig, entsprechende Getriebe zwischen Motor und Antriebsrädern einzufügen. Mit einer schaltbaren Kupplung kann der Kraftfluß zwischen Motor und Getriebe für das Anfahren und Schalten unterbrochen werden. Kupplung, Schaltgetriebe, Ausgleichgetriebe und Endgetriebe (Bild 26/1) sind Übertragungselemente des Traktors. Sie übertragen das Drehmoment vom Motor auf die Antriebsräder.

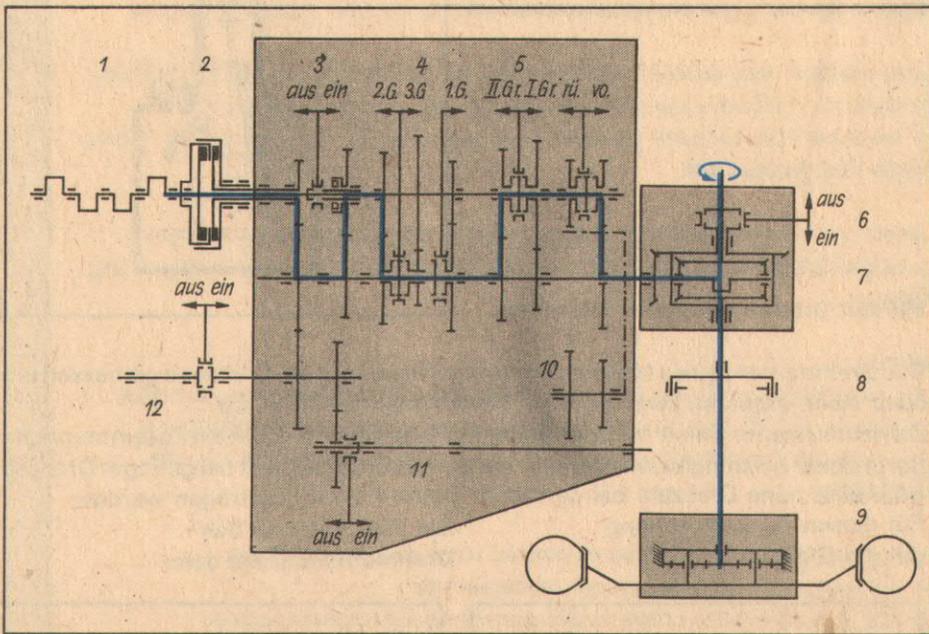


Bild 26/1 Vereinfachtes Getriebeschema des Traktors ZT 300

(1) Motor; (2) Doppelkupplung; (3) Unterlast-Schaltstufe; (4) Gangschaltgetriebe; (5) Gruppengetriebe; (6) Ausgleichsperre; (7) Ausgleichgetriebe; (8) Bremsstrommel; (9) Endgetriebe; (10) Vorgelege zum Rückwärtsgang, (11) Zapfwelle hinten; (12) Zapfwelle vorn (Kraftfluß bei Schaltstellung II. Gruppe, 2. Gang, vorwärts; Unter-Last-Schaltstufe eingeschaltet)

Kupplung

In Traktoren und Kraftfahrzeugen werden mechanische Kupplungen und hydraulische Kupplungen eingesetzt. Traktoren mittlerer Leistung haben meist eine mechanische Kupplung, die Einscheiben-Trockenkupplung (Bild 27/1).

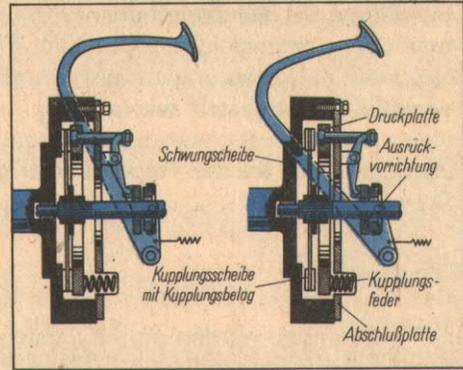


Bild 27/1 Einschleiben-Trockenkupplung;
links eingekuppelt, rechts ausgekuppelt

● Lassen Sie sich die Originalteile der Kupplung in der Reparaturwerkstatt zeigen!

Die **Einscheiben-Trockenkupplung** arbeitet nach dem Prinzip der Haftreibung. Während eine Reibfläche an der Schwungscheibe des Motors vorhanden ist (nicht verschiebbar), kann die andere Reibfläche mit der Kupplungsscheibe in axialer Richtung verschoben werden. Zur Herstellung des Kraftschlusses wird die bewegliche Reibfläche durch Federn angepreßt. Zur Erhöhung der Reibungskraft befinden sich auf den Reibflächen Beläge aus Asbestgewebe.

Die Kupplung ermöglicht durch Unterbrechen des Energieflusses zwischen Motor und Getriebe das Schalten des Getriebes.

Zum Ausrücken der Kupplung dient eine hydraulische oder pneumatische Ausrückvorrichtung, die durch den Kupplungsfußhebel betätigt wird.

Eine Sonderkupplung für Traktoren ist die **Doppelkupplung mit zwei Mitnehmerscheiben**. Dabei überträgt eine Scheibe das Drehmoment für den eigentlichen Fahrtrieb, und die zweite Scheibe dient dem Antrieb einer Zapfwelle oder der Unter-Last-Schaltstufe (wie z. B. beim Traktor ZT 300, ↗ Bild 26/1).

Über die Unter-Last-Schaltstufe kann ein Vorgelege eingeschaltet werden. Dadurch läßt sich bei gleicher Motorleistung ohne Unterbrechung des Kraftflusses vom Motor zum Getriebe die Drehzahl verringern und damit das Drehmoment an den Antriebsrädern erhöhen. Auf diese Weise kann die Zugkraft des Traktors schnell an die wechselnde Belastung bei Feldarbeiten angepaßt und die Arbeitsproduktivität um etwa 10% erhöht werden.

Die Unter-Last-Schaltstufe wird durch Betätigen des Kupplungspedals eingeschaltet. Die Kupplung ist vor Betriebsbeginn einzurücken.

Die Unter-Last-Schaltstufe ermöglicht die Erhöhung des Drehmoments an den Antriebsrädern – und damit die Erhöhung der Zugkraft –, ohne daß ein niedrigerer Gang eingeschaltet werden muß.

Kupplungsspiel. Die beschriebenen mechanischen Kupplungen benötigen an der Ausrückvorrichtung ein geringes Spiel, damit die Kupplung nicht rutscht. Durch den Verschleiß des Kupplungsbelags nimmt das Kupplungsspiel zu und muß deshalb regelmäßig nachgestellt werden.

- Überlegen Sie, welche Folgen bei zu großem bzw. zu kleinem Kupplungsspiel eintreten!

Schaltgetriebe

Im Traktorenbau werden am häufigsten mechanische Schaltgetriebe eingesetzt. Bei den Getrieben sind auf zwei oder mehr parallelliegenden Wellen eine Reihe verschieden großer Zahnräder schaltbar nebeneinander angeordnet.

Um bei allen Einsatzbedingungen (Bild 28/1) die Motorleistung voll auszunutzen, werden vielstufige Getriebe mit feiner Abstufung benötigt.

Meist sind die Getriebe so konstruiert, daß verschiedene Gruppen und innerhalb jeder Gruppe mehrere Gänge geschaltet werden können. Der Traktor ZT 300 z. B. ist mit einer Dreigruppenschaltung und einem Dreigangschaltgetriebe (Bild 26/1) ausgestattet. Mit den beiden ersten Gruppen kann auch rückwärts gefahren

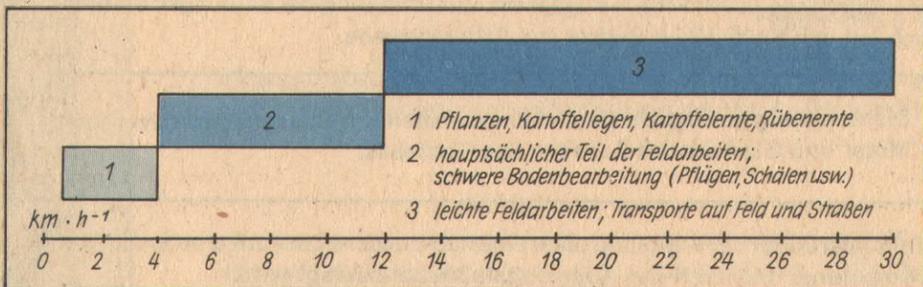


Bild 28/1 Geschwindigkeitsbereiche für einige Feldarbeiten

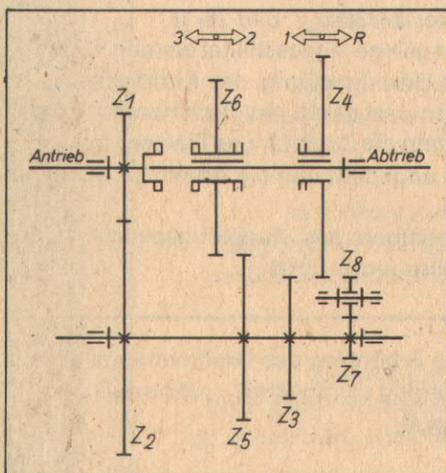


Bild 28/2 Dreiganggetriebe im Leerlauf (Schaltskizze zum Getriebemodell)

werden. Damit stehen 9 Vorwärts- und 6 Rückwärtsgänge zur Verfügung. Der Geschwindigkeitsbereich bis $12 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (Hauptarbeitsbereich) ist mit 6 Gängen fein abgestuft. Zusätzlich ist noch zu jedem Gang der Einsatz der Unter-Last-Schaltstufe möglich.

Mit Hilfe der verschiedenen Gruppen und Gänge wird das Übersetzungsverhältnis des Getriebes (s. unten) der jeweiligen Motorbelastung und Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs angepaßt.

- Für die Bodenbearbeitung z. B., die hohe Zugkraft bei geringer Geschwindigkeit erfordert, wählt man die I. Gruppe. Damit stehen dann 3 Gänge mit den Geschwindigkeiten $3,10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, $4,83 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ und $7,65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ zur Verfügung. Beim Transport auf festen Straßen dagegen ist eine hohe Geschwindigkeit bei relativ geringer Zugkraft erforderlich. Dazu wird die III. Gruppe gewählt, in der dann die 3 Gänge mit $12,10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, $18,86 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ und $29,90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ geschaltet werden können. (Die angegebenen Geschwindigkeiten sind die jeweils erreichbaren Höchstgeschwindigkeiten.)
- Führen Sie einige Schaltungen am Getriebemodell aus! (Nur schalten, wenn die Zahnräder in Bewegung sind! Erkunden Sie, warum!) Fertigen Sie dazu die entsprechenden Schaltskizzen an (1., 2., 3. Gang, Rückwärtsgang)! Vergleichen Sie diese mit Bild 28/2!
- Untersuchen Sie, welche Schaltmöglichkeiten das Getriebe Ihres Lehrtraktors hat!
- Welche Gangstufe würden Sie für die Arbeitsarten nach Bild 28/1 wählen?

Berechnungen zum Schaltgetriebe

Wie die vom Motor abgegebenen Drehzahlen und Drehmomente durch das Schaltgetriebe verändert werden, läßt sich rechnerisch leicht nachweisen.

Für das Übersetzungsverhältnis i zweier miteinander in Eingriff stehender Zahnräder gilt:

$$i = \frac{n_{An}}{n_{Ab}} = \frac{\text{Antriebsdrehzahl}}{\text{Abtriebsdrehzahl}}$$

Das Antriebszahnrad erhält auch den Index 1 (n_1) und das Abtriebszahnrad den Index 2 (n_2). Da sich die Zähnezahlen der Räder umgekehrt verhalten wie die Drehzahlen, lautet die Formel entsprechend

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

In gleicher Weise wie das Übersetzungsverhältnis zweier Zahnräder läßt sich das Gesamtübersetzungsverhältnis des Getriebes aus An- und Abtriebsdrehzahl (Motordrehzahl und Treibraddrehzahl) berechnen:

$$i_{\text{ges}} = \frac{n_{\text{Mot}}}{n_{\text{Tr}}} = \frac{\text{Motordrehzahl}}{\text{Treibraddrehzahl}}$$

Zwischen Drehmomenten und Drehzahlen besteht bei gleicher Leistung (↗ S. 25) die folgende Beziehung:

$$\frac{M_{t2}}{M_{t1}} = \frac{n_1}{n_2}$$

das heißt, die Drehmomente verhalten sich umgekehrt wie die entsprechenden Drehzahlen.

Die theoretische Zugkraft des Traktors F_{zth} entspricht der Umfangskraft am Treibrad F_{t} . Durch Umstellen der Formel für das Drehmoment ergibt sich:

$$F_{\text{zth}} = \frac{M_{t\text{Tr}}}{r_{\text{Tr}}}$$

$$\eta_{\text{ges}} = \frac{F_{\text{zt}}}{F_{\text{zth}}}$$

Für das Ermitteln der tatsächlichen Zugkraft F_{zt} ist der Wirkungsgrad der gesamten Kraftübertragung vom Motor auf die Fahrbahn zu berücksichtigen.

- Berechnen Sie das Übertragungsverhältnis i und die Abtriebsdrehzahl n_2 einer Getriebestufe!
Das Antriebsrad z_1 hat 20 Zähne und das Abtriebsrad z_2 35 Zähne. Die Antriebsdrehzahl n_1 beträgt 1500 min^{-1}
- Wie groß ist das Gesamtübersetzungsverhältnis i_{ges} bei einem Traktor, dessen Motordrehzahl $n_{\text{Mot}} 1850 \text{ min}^{-1}$ und dessen Fahrgeschwindigkeit $v 30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ($12 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) betragen?
Der Treibraddurchmesser d_{Tr} beträgt 1430 mm .
- Berechnen Sie die Zugkraft F_z dieses Traktors bei einem Drehmoment des Motors $M_{t\text{Mot}}$ von 353 Nm , bei einer Motordrehzahl n_{Mot} von 1850 min^{-1} und bei einer Geschwindigkeit v von $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$!
Der Gesamtwirkungsgrad der Kraftübertragung η_{ges} kann mit $0,60$ angenommen werden.

Das Schaltgetriebe ermöglicht die Wahl unterschiedlicher Drehzahlen und Drehmomente an der Abtriebswelle bei gleichbleibender Motordrehzahl und -leistung. Damit können Geschwindigkeit und Zugkraft den Einsatzbedingungen angepaßt werden, und der Motor läuft stets im optimalen Drehzahlbereich.

Ausgleichgetriebe

Bei der Kurvenfahrt legen die inneren und äußeren Räder eines Fahrzeugs wegen ihrer unterschiedlichen Entfernung vom Kurvenmittelpunkt unterschiedliche Wege zurück. Das bedeutet, daß die Drehzahlen des inneren und äußeren Rades einer Achse unterschiedlich sind.

- Wie groß ist die Wegdifferenz von innerem und äußerem Rad bei einer Spurweite von 1,5 m, wenn das Fahrzeug einen vollen Kreis durchfährt?
- Was wäre die Folge, wenn kein Ausgleichgetriebe vorhanden wäre?

Diesen Drehzahlunterschied gleicht das Ausgleichgetriebe (oder Differential) aus. Es ist meist als Kegelradgetriebe ausgeführt (Bild 31/1).

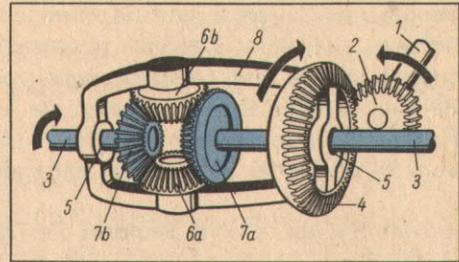


Bild 31/1 Ausgleichgetriebe

- (1) Antriebswelle; (2) Antriebskegelrad;
- (3) Hinterachswelle; (4) Tellerrad;
- (5) Gleitlager; (6a/6b) Ausgleichkegelräder;
- (7a/7b) Hinterachswellenräder; (8) Ausgleichkorb

Wenn die Bodenverhältnisse unter beiden Treibrädern verschieden sind, kann das Ausgleichgetriebe dazu führen, daß das Rad mit geringerer Bodenhaftung mit doppelter Drehzahl durchdreht, während das andere Rad stehenbleibt. Um das zu vermeiden, kann das Ausgleichgetriebe gesperrt werden (Ausgleichgetriebe Sperre). Die Sperre kann z. B. eine verschiebbare Muffe sein, die die mit Keilprofil versehenen Enden der Wellen starr miteinander verbindet.

Endgetriebe

Die Traktoren erfordern wegen der geringen Arbeitsgeschwindigkeiten eine sehr starke Übersetzung ins Langsame. Deshalb wird dem Ausgleichgetriebe noch ein Endgetriebe (auch Endvorgelege) in den Radnaben nachgeschaltet (Bild 34/1).

Wartung der Getriebe

Alle Zahnradgetriebe benötigen spezielle Schmieröle. Der Ölstand ist regelmäßig zu überprüfen. Entsprechend der Betriebsanleitung ist der Ölwechsel vorzunehmen.

Fahrwerk

Die Motorleistung soll unter allen Einsatzbedingungen möglichst verlustlos auf den Boden übertragen und als Zugkraft genutzt werden können. Die Bauform des Traktors und die Gestaltung des Fahrwerks haben darauf großen Einfluß. Verschiedene Bauformen sind die

- Blockbauweise
- Rahmenbauweise
- Halbrahmenbauweise
- Knickrahmenbauweise

Bei der Blockbauweise sind die einzelnen Baugruppen (Motor; Kupplung, Getriebe, Achsen) oder deren Gehäuse gleichzeitig *Trägerelemente* des Traktors und *Antriebs- bzw. Übertragungselemente* für die Antriebsenergie.

Bei den anderen Bauformen sind die Aufgaben getrennt. *Trägerelement* ist der Rahmen oder der Halbrahmen. Die *Antriebs- und Übertragungselemente* werden vom Rahmen oder Halbrahmen getragen.

- *Stellen Sie fest, welche Bauform die Traktoren Ihres Einsatzbetriebes haben!*

Hinsichtlich des Fahrwerks unterscheidet man grundsätzlich zwischen Radtraktoren und Kettentraktoren.

Am verbreitetsten sind Radtraktoren, die in wesentlich größeren Stückzahlen gebaut werden. Deshalb wird im folgenden nur das Fahrwerk von Radtraktoren behandelt.

Zum Fahrwerk der Radtraktoren gehören die Baugruppen

- Vorderachse
- Hinterachse
- Räder
- Lenkung
- Bremsen

- *Erkunden Sie an Ihrem Lehrtraktor die Baugruppen des Fahrwerks und ihre wichtigsten Teile!*

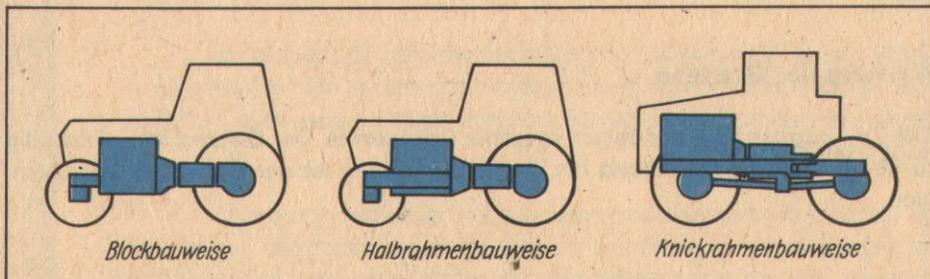


Bild 32/1 Gebräuchliche Traktorenbauformen

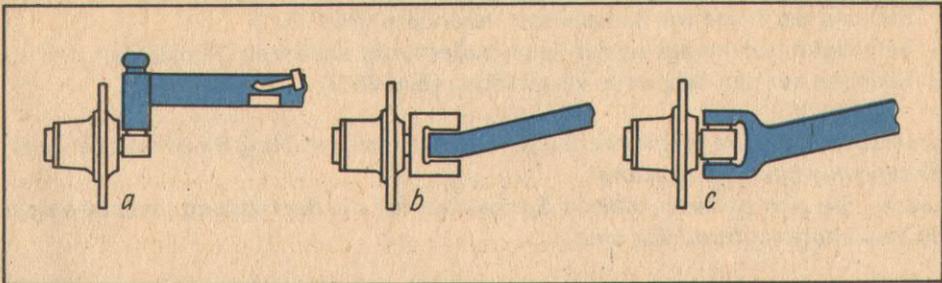


Bild 33/1 Verschiedene Vorderachsbauweisen
(a) Turmchse; (b) Faustchse; (c) Gabelchse

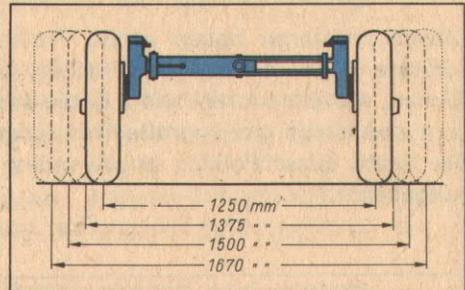


Bild 33/2 Prinzip der Spurweitenverstellung an der Vorderachse

Das Fahrwerk hat die Aufgabe, Zug-, Lenk- und Bremskräfte unter den besonderen Einsatzbedingungen der Landwirtschaft mit den geringsten Verlusten auf den Boden zu übertragen.

Vorderachse

Vorderachsen werden als starre Pendelachsen oder gefederte Achsen ausgeführt. Nach Art der Achsschenkelgelenke unterscheidet man Turm-, Faust- und Gabelachsen (Bild 33/1).

Bei Traktoren mit zusätzlichem Vorderradantrieb gehört zur Vorderachse ein Ausgleichgetriebe, das über Gelenkwellen die Räder antreibt.

Für die Arbeit in Reihenkulturen (z. B. Rüben, Kartoffeln) ist es erforderlich, die Spurweite zu verändern. Dabei werden die Halbachsen entsprechend ausgezogen oder zusammengeschoben (Teleskopachse, Bild 33/2).

Hinterachse

Die Hinterachse des Traktors besteht aus einem Gehäuse, das die Antriebswelle der Räder und die auf ihr angeordneten Teile der Kraftübertragung aufnimmt (Bild 34/1). Möglichkeiten zum Verändern der Spurweite sind

- Stellung der Radschüssel zum Befestigungsflansch verändern (Bild 35/1)

- Stellung der Felge zur Radschüssel verändern (Bild 35/1)
 - Befestigungselemente an der Felge außermittig anordnen (Bild 35/1)
 - Radnabe auf der Achswelle verschieben (Bild 35/2)
- *Untersuchen Sie die Möglichkeiten zur Spurweitenverstellung an der Vorder- und Hinterachse Ihres Lehrtraktors!*
 - *Lassen Sie sich erklären, welche Spurweiten für die Bearbeitung verschiedener Reihenkulturen erforderlich sind!*

Räder

Standardtraktoren haben große Treibräder an der Hinterachse und kleinere gelenkte Räder an der Vorderachse, die auch zusätzlich angetrieben werden können. Allradtraktoren, wie z.B. die sowjetischen Traktoren K 700/K 701, haben vorn und hinten gleich große Treibräder.

Die heute ausschließlich angewendete Luftbereifung hat vor allem folgende Aufgaben:

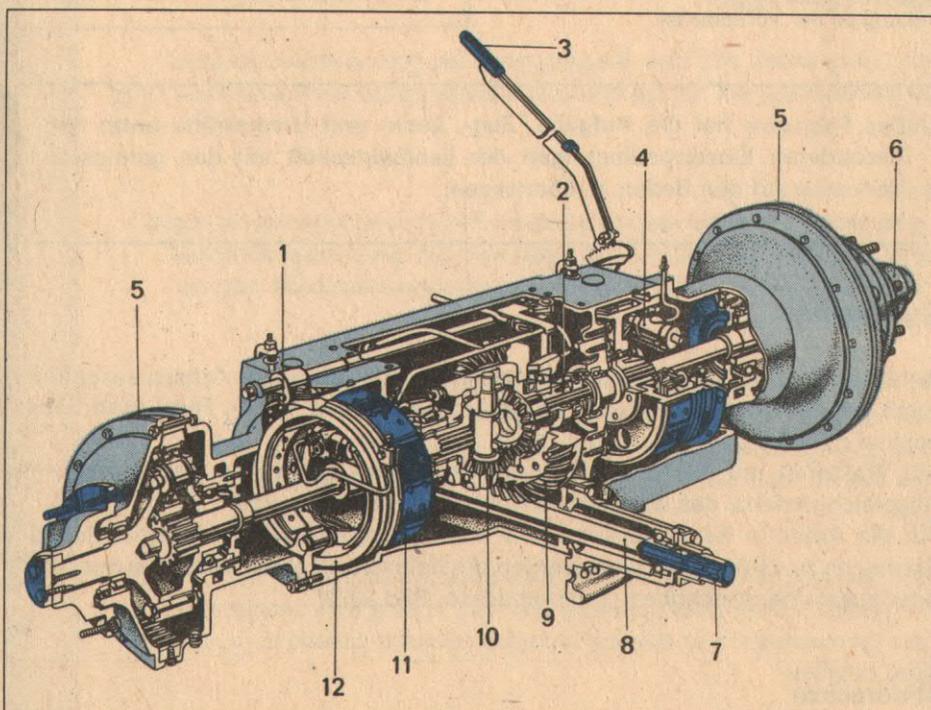


Bild 34/1 Hinterachse des ZT 300

- (1) Bremsbacken (Betriebsbremse); (2) Ausgleichsperre; (3) Handbremshebel;
 (4) Radbremszylinder; (5) Endgetriebe; (6) Treibradnabe; (7) Zapfwellenstumpf (auswechselbar);
 (8) Heckzapfwelle; (9) Tellerrad; (10) Ausgleichgetriebe; (11) Bremsband (Handbremse);
 (12) Bremstrommel (für beide Bremsarten)

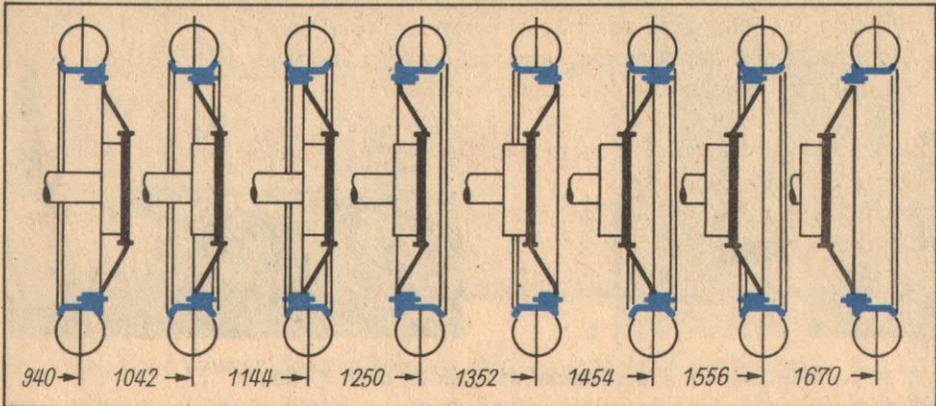


Bild 35/1 Spurweitenverstellung an der Hinterachse durch Verändern der Felgen- und Rad-schüsselstellung zur Nabe

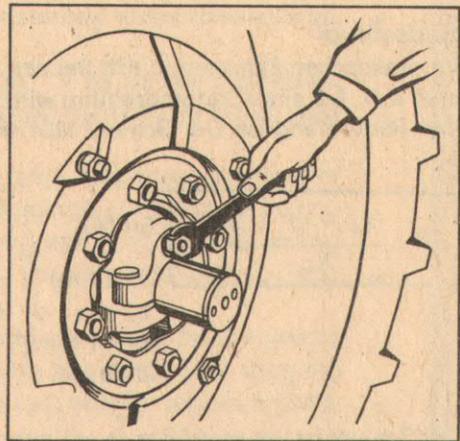


Bild 35/2 Stufenlose Spurweitenverstellung an der Hinterachse durch Verschieben der Radnabe auf der Achswelle

- Übertragen der Antriebs- und Bremskräfte auf die Fahrbahn,
- Sichern der Spurhaltung und Übertragen der Lenkkräfte.

Die Reifen sind entsprechend gestaltet und mit einem griffigen Profil versehen. Treibradreifen sind großvolumig, haben eine große Auflagefläche und grobe Stollen (Bild 36/1 a). Durch Verringern des Luftdruckes kann die Auflagefläche zusätzlich vergrößert werden. Nichtangetriebene gelenkte Räder haben ein Profil, das die bestmögliche Spurhaltung gewährleistet (Bild 36/1b). Reifen mit einer großen Bodenauflagefläche sichern auch niedrigen Bodendruck. Das ist besonders wichtig, um tiefe Spurrinnen und die Zerstörung der Bodenstruktur zu vermeiden (Bild 36/2).

Reifenkonstruktion und Profilgestaltung sind ausschlaggebend für die Kraftübertragung auf den Boden und für die Spurhaltung. Für die verschiedenen Anforderungen gibt es standardisierte Reifengrößen und -formen.



a
b

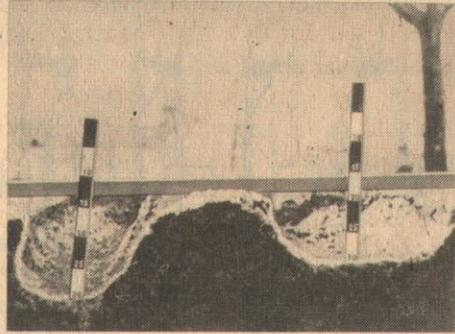


Bild 36/1 Treibradreifen (a) und Vorderradreifen (b) beim ZT 300

Bild 36/2 Spurtiefenunterschiede bei gleicher Radlast in Abhängigkeit von der Reifengröße (links 7—36, rechts 12,75—26)

Radschlupf

Im praktischen Fahrbetrieb tritt bei den Treibrädern stets ein bestimmter Schlupf auf, d. h., bei einer Radumdrehung wird nur ein Weg zurückgelegt, der geringer als der Radumfang ist. Der Schlupf läßt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$\delta = \frac{(s_0 - s) \cdot 100}{s_0} \quad (\text{in } \%)$$

s (in m)

tatsächlicher Weg

$s_0 = \pi \cdot d \cdot n$ (in m)

theoretischer Weg

n (in min^{-1})

Zahl der Treibradumdrehungen

d (in m)

Treibraddurchmesser

Der Schlupf ist um so größer, je geringer die Bodenhaftung des Reifens ist. Er kann z. B. auf nassem Acker oder vereisten Fahrbahnen den Wert von 100 % erreichen, d. h., die Treibräder drehen durch, ohne daß der Traktor einen Weg zurücklegt. Wenn

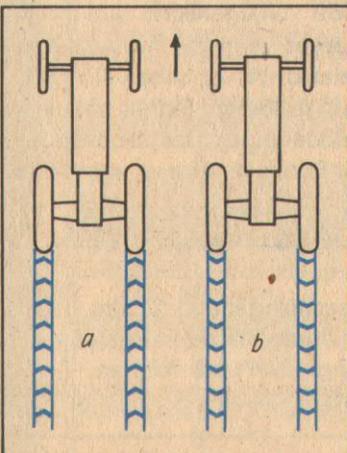


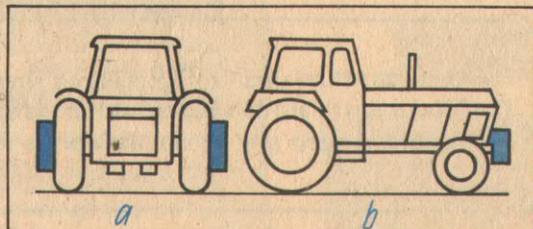
Bild 36/3 Richtige Stollenprofilrichtung der Treibräder

a) für Sandboden

b) für Lehmboden

Bild 36/4 a) Ballastmassen an den Radnaben

b) Frontalballastmassen am Rahmen



der Schlupf gewisse Grenzwerte (15 ··· 20 %) überschreitet, sind Verringerung der Flächenleistung und der Arbeitsproduktivität sowie zu hoher Reifenverschleiß und Kraftstoffverbrauch die Folgen.

Wichtigste Voraussetzungen für einen möglichst geringen Radschlupf sind die Einhaltung des vorgeschriebenen Luftdrucks, nicht zu stark abgenutztes Reifenprofil und die richtige Stollenprofilrichtung (Bild 36/3). Weitere *Möglichkeiten zur Minderung des Radschlupfes* sind:

- Anbringen von Ballastmasse am Traktor (an den Radnaben, am Rahmen, Bild 36/4)
- Montage von Zwillingsrädern
- Übertragung eines Teils der Masse der Anhängegeräte auf die Antriebsachse des Traktors durch spezielle Vorrichtungen, die automatisch arbeiten.

Pflege der Reifen

Während des Betriebs unterliegen die Reifen einem normalen Verschleiß; das Profil nutzt sich ab. Auch Witterungseinflüsse können den Gummi zerstören.

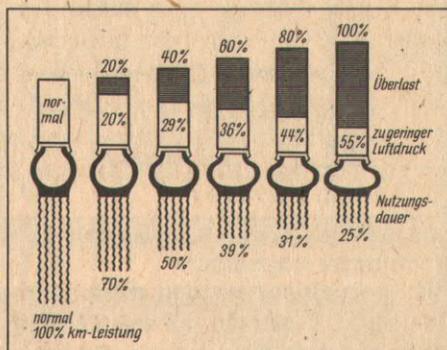


Bild 37/1 Nutzungsdauer von Reifen bei unterschiedlichem Luftdruck und verschiedener Belastung

Zur richtigen Reifenpflege gehören:

- richtigen Luftdruck einhalten, entsprechend den Angaben in der Bedienungsanleitung,
- sachgemäßes Fahren, z. B. nicht an Bordsteine hart anfahren.

Das Einhalten des vorgeschriebenen Luftdrucks und der zulässigen Belastung der Reifen sind wichtige Maßnahmen für die Reifenpflege.

Bei Reifen mit abgefahrenen Profilen kann die Lauffläche erneuert werden, wenn das Gewebe unbeschädigt ist. Die Reifen werden dadurch wieder einsatzfähig. Die eingeprägte Bezeichnung „runderneuert“ unterscheidet sie leicht von neuen Reifen. Der Preis für die Runderneuerung liegt weit unter dem Preis eines neuen Reifens.

- Überlegen Sie, welche Vorteile sich durch die Runderneuerung von Reifen für die Volkswirtschaft und den Betrieb ergeben!

Lenkung

Die Lenkung ermöglicht die Fahrtrichtungsänderung des Traktors. Sie soll sich leicht bedienen lassen, einen geringen Wendekreis erreichen, Fahrbahnstöße nicht auf das Lenkrad übertragen und nach der Kurvenfahrt möglichst von selbst wieder in die Geradeausstellung zurücklaufen.

Lenkungsarten

Radtraktoren werden gelenkt durch Schwenken der Vorderräder oder durch Knicken der Achsen zueinander, Kettentraktoren durch einseitiges Bremsen einer Gleiskette. Als Vorderradlenkung der Standard-Traktoren wird – wie auch bei LKW – fast ausschließlich die Achsschenkellenkung angewendet. Sie kann als *Spurstangenlenkung* (Bild 38/1) oder *Einzelradlenkung* (Bild 38/2) ausgeführt sein.

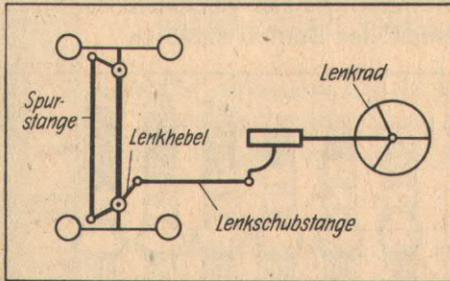


Bild 38/1 Schema einer Spurstangenlenkung

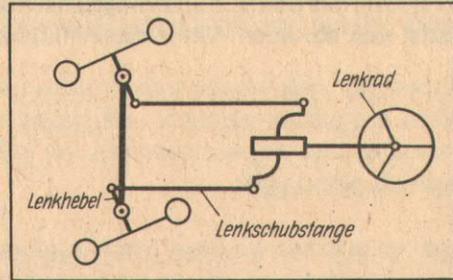


Bild 38/2 Schema einer Einzelradlenkung

Als Lenkgetriebe werden meist Schneckengetriebe verschiedener Konstruktion eingesetzt. Traktoren höherer Leistung haben hydraulische Lenkhilfen oder eine reine hydraulische Lenkung. Dadurch werden die am Lenkrad aufzuwendenden Kräfte wesentlich verringert. Als vollhydraulische Lenkung ist auch die Knicklenkung ausgeführt, die besonders bei leistungsstarken Allradtraktoren (z. B. T 150 K, K 700/701) angewendet wird. Das Knicken der beiden mit einem Gelenk verbundenen Traktorteile erfolgt durch Hydraulikzylinder (Bild 38/3).

Vorspur

Die gelenkten Räder sind so angeordnet, daß der Abstand zwischen den Felgen in Fahrtrichtung vorn geringer ist als hinten. Die Differenz zwischen den beiden

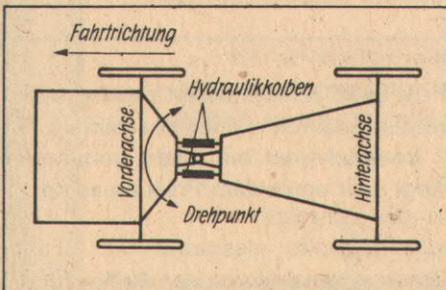


Bild 38/3 Schema einer Knicklenkung

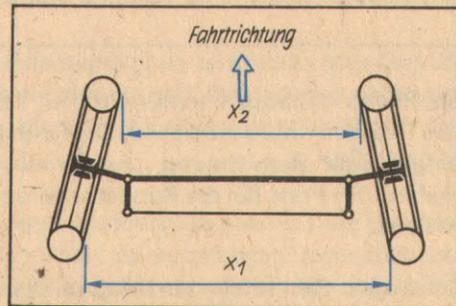


Bild 38/4 Vorspur $V = x_1 - x_2$

Felgenabständen (gemessen in Höhe der Radmitte) bezeichnet man als Vorspur (Bild 38/4). Die Vorspur beträgt bei Traktoren im allgemeinen etwa $4 \cdot \cdot \cdot 8$ mm. Durch die Vorspur wird ein ruhiger und pendelfreier Lauf der Räder sowie ein möglichst geringer Reifenverschleiß erreicht.

Pflege und Wartung der Lenkung

Der einwandfreie technische Zustand der gesamten Lenkung ist von entscheidender Bedeutung für die Verkehrssicherheit eines Fahrzeugs. Für ihre Wartung, Pflege und Überprüfung ist der Fahrzeugführer voll verantwortlich. Vor jeder Fahrt ist die Lenkung zu überprüfen:

- Das Lenkradspiel darf 30° nicht überschreiten.
- Alle Schraubverbindungen an der Lenkstockhebelwelle, dem Lenkhebel, den Spurstangen und den Spurstangenhebeln müssen fest sitzen und versplintet sein.
- Falls erforderlich, sind die Muttern nachzuziehen und neu (mit neuen Splinten) zu versplinten.
- Werden andere Schäden, besonders auch an der Lenkhydraulik festgestellt, so ist unbedingt die Werkstatt zu benachrichtigen.

Traktoren mit Schäden an der Lenkung dürfen nicht in Betrieb genommen werden.

- Stellen Sie die Art der Lenkung Ihres Lehrfahrzeugs fest!
- Überprüfen Sie an Ihrem Lehrfahrzeug die Vorspur, und lassen Sie sich erklären, wie die Vorspureinstellung korrigiert wird!
- Messen Sie das Lenkungsspiel an Ihrem Lehrfahrzeug, und lassen Sie sich die Verstellmöglichkeiten erklären!

Bremsen

Für die Bremsen an Kraftfahrzeugen gelten exakte gesetzliche Bestimmungen, die in den §§ 46 und 47 der Straßenverkehrs-Zulassungsordnung festgelegt sind. Die wichtigsten sind:

Kraftfahrzeuge müssen zwei voneinander unabhängig wirkende Bremsen haben.

Eine Bremse muß als Betriebsbremse und die andere als Feststellbremse ausgeführt sein.

Anhänger müssen eine eigene Bremsanlage haben, die (bei einer Höchstgeschwindigkeit über $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) bei Benutzung der Bremse des Zugfahrzeugs mit betätigt wird.

Die *Betriebsbremse* dient zum Verringern der Fahrgeschwindigkeit und zum Anhalten. Die *Feststellbremse* verhindert das Wegrollen des abgestellten Fahrzeugs. Betriebsbremsen werden durch Fußhebel, Feststellbremsen durch Handhebel betätigt.

Aufbau und Wirkungsweise der Reibungsbremse

Bei Traktoren sind sowohl die Betriebs- als auch die Feststellbremse überwiegend als Reibungsbremse gestaltet.

Die Bremswirkung wird durch Anpressen eines mit einem Bremsbelag versehenen Bremsbackens an eine *Bremstrommel* (*Trommelbremse*) oder *Bremsscheibe* (*Scheibenbremse*) erzielt.

Die Bremswirkung ist am größten, wenn sich die Räder gerade noch drehen (also nicht blockieren!).

Beim Traktor ZT 300 wirken Betriebsbremse und Feststellbremse auf eine gemeinsame Bremstrommel, die Betriebsbremse als Innenbackenbremse, die Feststellbremse am äußeren Umfang der Trommel als Bandbremse (↗ Bild 34/1).

Kraftübertragung zur Bremse

Nach der Art der Kraftübertragung vom Bremshebel auf die Bremsbacken unterscheidet man:

- Mechanische Bremsen
- Hydraulische Bremsen
- Pneumatische Bremsen

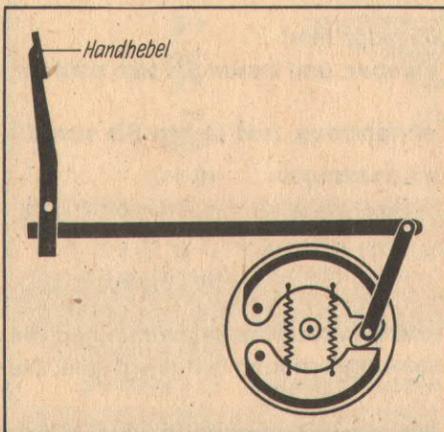


Bild 40/1 Schema der Gestängebremse

Mechanische Bremsen übertragen die Bremskraft durch ein Bremsgestänge mit entsprechender Hebelwirkung (Bild 40/1). Die Feststellbremse ist immer eine mechanische Bremse.

Hydraulische Bremsen (Öldruckbremsen) übertragen die Bremskraft durch eine Bremsflüssigkeit über Druckleitungen. Die Wirkungsweise beruht auf dem physikalischen Prinzip, daß sich in Flüssigkeiten der Druck nach allen Seiten hin gleichmäßig fortpflanzt (Bild 41/1).

Dabei wird die Fußkraft nach dem Prinzip der hydraulischen Presse verstärkt. (↗ Ph i Üb, S. 81)

Pneumatische Bremsen (Druckluftbremsen) übertragen die Bremskraft durch komprimierte Luft, die in einem Druckluftbehälter gespeichert wird. Der Fußhebel betätigt das Bremsventil, das die Luftzufuhr zu den Bremszylindern steuert (Bild 41/2).

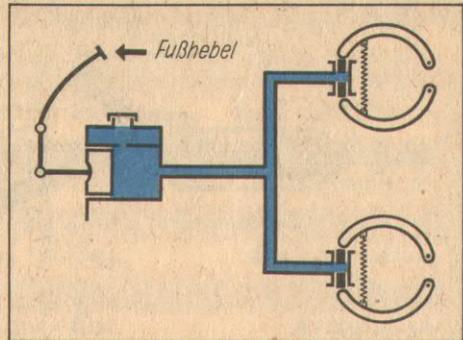


Bild 41/1 Schema der hydraulischen Bremse

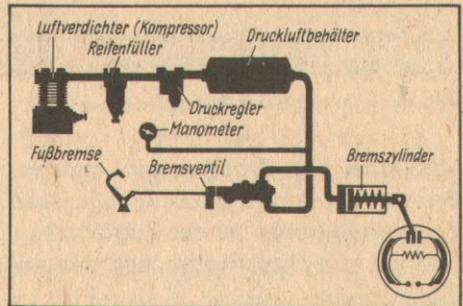


Bild 41/2 Schema der Druckluftbremse

Einzelradbremse

Um bei Feldarbeiten einen möglichst kleinen Wenderadius zu erreichen, kann bei Traktoren mit der Betriebsbremse jedes Hinterrad einzeln gebremst werden. Das ist möglich durch einen von Hand zu betätigenden hydraulischen Bremsumschalter, wie z. B. beim ZT 300, oder durch einen geteilten Bremsfußhebel.

Beim Bremsen des kurveninneren Rades erhöht sich durch das Ausgleichgetriebe die Drehzahl des äußeren Treibrades, und der Traktor kann fast auf der Stelle wenden.

Um bei Straßenfahrten eine gleichmäßige Bremswirkung zu gewährleisten und das Ausbrechen des Fahrzeugs zu verhindern, darf hier die Einzelradbremse nicht benutzt werden.

Anhängerbremsen

Gebräuchlich sind die Auflaufbremse und die Druckluftbremse. Die **Auflaufbremse** kann bis zu einer zulässigen Gesamt-Anhängemasse (8 t bei einem, 12 t bei zwei Anhängern) angewendet werden. Die Bremskraft wird aus der Bewegungsenergie des Anhängers beim Auflaufen auf das bremsende Zugfahrzeug gewonnen. Die Kraftübertragung erfolgt über ein Gestänge mit entsprechender Hebelwirkung. Für die Rückwärtsfahrt kann die Auflaufbremse gesperrt werden (Bild 42/1).

Anhänger mit einer größeren zulässigen Gesamtmasse müssen mit **Druckluftbremsen** ausgestattet sein. Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit sollen künftig für alle Anhänger Druckluftbremsen angewendet werden. Das Wirkungsprinzip ist das gleiche wie bei der für den Traktor beschriebenen Druckluftbremse. Die Bremsanlage des Anhängers wird mit der des Zugfahrzeugs durch eine Schlauchkupplung

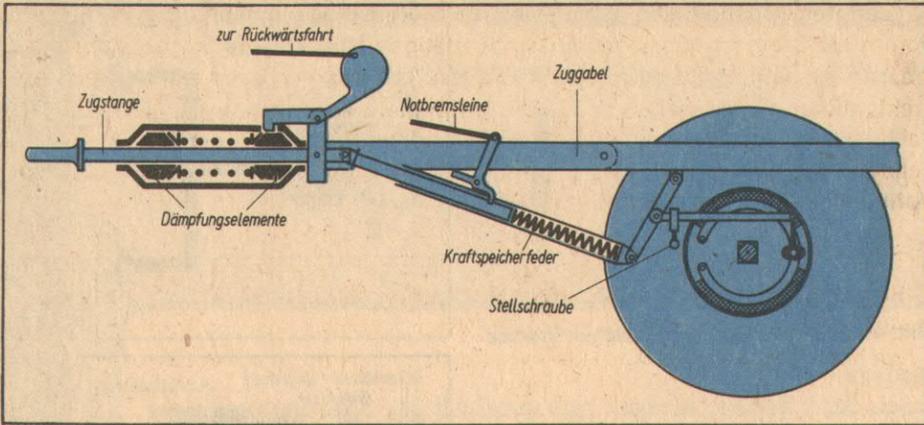


Bild 42/1 Schema der Auflaufbremse

verbunden. Die Druckluft wird stets vom Zugfahrzeug – unabhängig von dessen Bremsenart – erzeugt. Die Anlage ist so eingestellt, daß der Anhänger eine geringe Zeitspanne früher als das Zugfahrzeug gebremst wird, damit sich der Zug streckt und ein seitliches Ausbrechen des Anhängers verhindert wird (Bild 42/2).

Der Bremskraftregler am Anhänger muß entsprechend der Belastung (voll-leer) eingestellt sein!

Pflege und Wartung der Bremsanlage

Vor jeder Fahrt muß die Wirksamkeit der Bremsen von Zugfahrzeug und Anhängern durch eine Bremsprobe überprüft werden.

Fahrzeuge mit nicht voll funktionssicheren Bremsen dürfen nicht in Betrieb genommen werden.

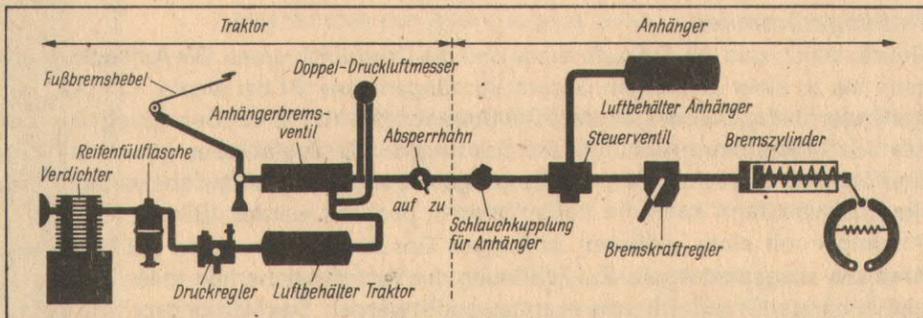


Bild 42/2 Schema der Druckluftbremsanlage eines Anhängers (das Zugfahrzeug hat keine Druckluftbremse)

Bei den Reibungsbremsen nützen sich die Bremsbeläge im laufenden Betrieb ab. Sofern die Bremsen nicht mit einer selbsttätigen Nachstellung ausgerüstet sind, müssen sie von Hand nachgestellt werden, um das vorgeschriebene Spiel am Bremsfußhebel einzuhalten (↗ S. 55 und Bedienungsanleitung).

Bei hydraulischen Bremsen muß der Füllstand der Bremsflüssigkeit im Ausgleichbehälter überprüft werden und die Bremsanlage entlüftet sein (Fußhebel darf sich nicht weich federnd durchtreten lassen).

Regelmäßiges Prüfen und Nachstellen des Bremsspiels sowie Kontrolle bzw. Auffüllen der Bremsflüssigkeit und Entlüften bei hydraulischen Bremsen sind wichtige Maßnahmen, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten.

- *Welche Art der Bremse hat Ihr Lehrfahrzeug?*
- *Ist der Einsatz mit druckluftgebremsten Anhängern möglich?*
- *Welche Auswirkungen haben abgefahrene Reifen auf die Bremswirkung?*

Elektrische Anlage

Die elektrische Anlage eines Fahrzeugs dient dazu, die Bedienung und Überwachung zu erleichtern (z.B. Anlassen, Temperaturregeln) und die Verkehrssicherheit entsprechend den Vorschriften der Straßenverkehrs-Zulassungsordnung zu gewährleisten.

Die elektrische Anlage besteht aus

- Energiequellen (Lichtmaschine, Batterien)
- Energieverteilern (Leitungen, Schalter, Sicherungen) und
- Energienutzern (Anlasser, Beleuchtungs- und Signaleinrichtung, Vorglüheinrichtung, Ventilatoren, Meßgeräte usw.)

Die elektrischen Anlagen von Traktoren und LKW werden mit Gleichstrom betrieben. Die Betriebsspannung beträgt 12 V, die Spannung für den Anlasser 24 V. Die Anlage ist einpolig ausgeführt, d. h., zu jedem Verbraucher führt nur ein Leiter

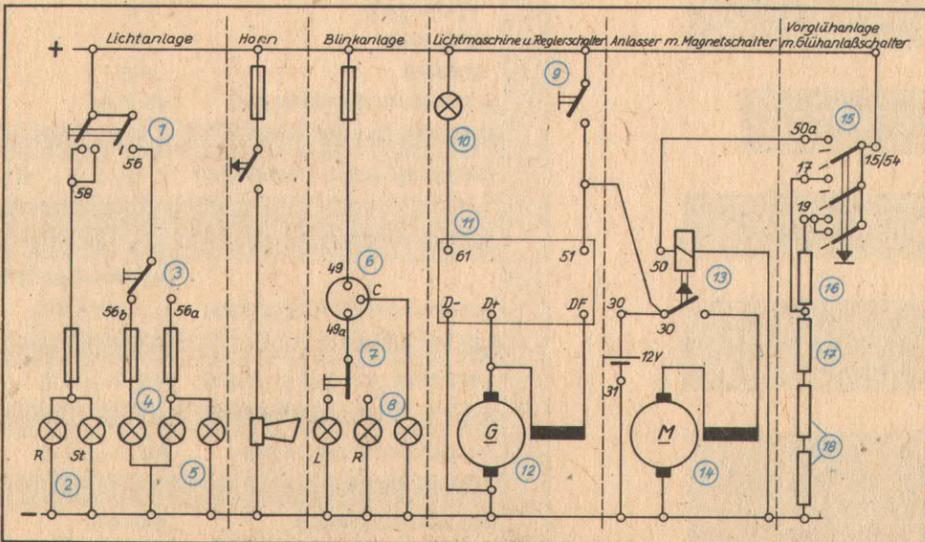


Bild 44/1 Vereinfachte Darstellung der elektrischen Anlage eines Fahrzeugs mit Dieselmotor

- (1) Lichtschalter; (2) Stand- und Rücklicht; (3) Ablendschalter;
- (4) Fern- und Abblendlicht; (5) Fernlichtkontrolleuchte; (6) Blinkgeber;
- (7) Blinkschalter; (8) Blinkkontrolle; (9) Zündschalter;
- (10) Ladekontrolleuchte; (11) Reglerschalter; (12) Lichtmaschine;
- (13) Magnetanlaßschalter; (14) Anlasser;
- (15) Glühanzschalter;
- (16) Glühkontrolle;
- (17) Glühwiderstand; (18) Glühkerzen

(Pluspol). Als zweiter Leiter (Minuspol) wird die Masse (Rahmen bzw. Block) benutzt.

Bauelemente und Leitungen der Fahrzeugelektrik sind weitestgehend standardisiert. Das ermöglicht die Herstellung großer Serien in der Industrie und eine möglichst geringe Ersatzteilhaltung in den Werkstätten.

Die Anschlußklemmen der Bauelemente sind nach TGL 5003/05 einheitlich gekennzeichnet. Da auch die Leitungsfarben entsprechend standardisiert sind, ist es leicht, Fehler in der Anlage zu finden und defekte Teile auszuwechseln. Die Klemmenbezeichnungen und Kennfarben werden im Schaltplan (Bild 44/1), der der Betriebsanleitung des Fahrzeugs beiliegt, angegeben.

- *Vergleichen Sie den Schaltplan der elektrischen Anlage Ihres Lehrfahrzeugs mit Bild 44/1, und stellen Sie fest, welche Grundelemente übereinstimmen!*
- *Suchen Sie die Bauelemente der elektrischen Anlage nach dem Schaltplan an Ihrem Lehrfahrzeug auf!*

Lichtmaschine

Die Lichtmaschine liefert die elektrische Energie für die elektrische Anlage des Traktors. Sie wird über Keilriemen vom Motor des Fahrzeugs angetrieben.

- *Wieviel Prozent der Motorleistung eines 60-kW-Traktors werden für den Antrieb einer Lichtmaschine mit 500W Leistung in Anspruch genommen? (Der Wirkungsgrad der Lichtmaschine beträgt 95 %.)*

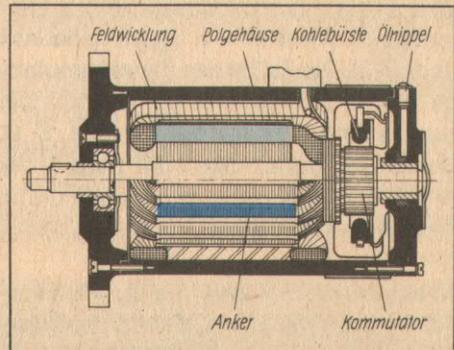


Bild 45/1 Schnittdarstellung einer Gleichstromlichtmaschine

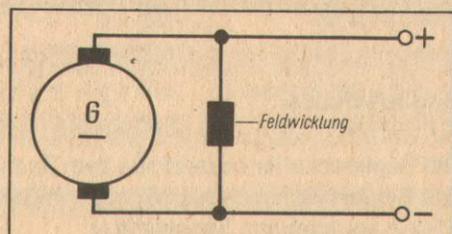


Bild 45/2 Prinzipschaltung eines Gleichstrom-Nebenschlußgenerators

Bei älteren Traktorentypen ist die Lichtmaschine ein Gleichstrom-Nebenschlußgenerator (Bilder 45/1 und 45/2).

Die im Anker induzierte Wechselspannung wird durch den Kommutator in Gleichspannung umgewandelt.

- *Wiederholen Sie, was Sie im Physikunterricht über die elektromagnetische Induktion und über die Wirkungsweise von Generatoren gelernt haben! (↗ Physik 9)*

Im zunehmenden Maße werden aber auch – besonders für größere Leistungen – Drehstromlichtmaschinen eingesetzt. Ihre Vorteile gegenüber der Gleichstrommaschine sind geringere Baulänge und Leistungsabgabe bereits bei niedrigeren Drehzahlen.

- *Lassen Sie sich an einem Traktor Ihres Einsatzbetriebes die Lichtmaschine zeigen!*

Die Höhe der induzierten Spannung eines Generators ist proportional der Drehzahl. Der Fahrzeugbetrieb erfordert aber eine konstante Netzspannung. Außerdem muß für das Anlassen des Motors Energie zur Verfügung stehen. Deshalb genügt die Lichtmaschine allein als Energiequelle nicht.

Batterie (Akkumulator)

Die Batterie dient als Energiequelle bei stillstehendem oder mit geringer Drehzahl laufendem Motor. Sie speichert die von der Lichtmaschine erzeugte und nicht sofort verbrauchte elektrische Energie. Man bezeichnet sie daher auch als Sammler (Akkumulator). Kraftfahrzeuge sind mit Bleiakkumulatoren ausgerüstet.

Eine Batterie besteht aus einzelnen Elementen (Zellen) mit einer Zellenspannung von 2 Volt. Diese sind in einem Gehäuse vereinigt und in Reihe geschaltet (Bild 47/1 und 47/2). Die Zellen des Bleiakkumulators sind mit verdünnter Schwefelsäure (als Elektrolyt) gefüllt, deren Dichte abhängig von der Zellenspannung, also vom Ladezustand ist (↗ Pflege der Batterie, S. 50).

Das Leistungsvermögen der Batterie hängt von ihrer Kapazität ab. Diese wird in Ampere-Stunden (Ah) angegeben und gilt für eine Entladezeit von 20 h bei einer Temperatur der Säure von 27 °C.

- *Wiederholen Sie, was Sie im Physikunterricht über die elektrochemischen Vorgänge in galvanischen Elementen gelernt haben!*
- *Um wieviel % wird eine Batterie (12 V, 135 Ah) bei Ausfall der Lichtmaschine entladen, wenn 2 h mit Licht (120 W) gefahren wird?*

Reglerschalter

Der Reglerschalter besteht aus dem Spannungsregler und dem Rückstromschalter. Der **Regler** begrenzt unabhängig von Drehzahl und Belastung die von der Lichtmaschine abgegebene Spannung.

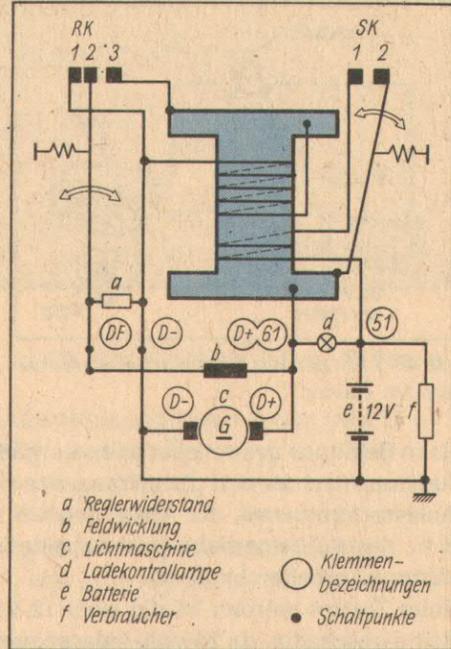
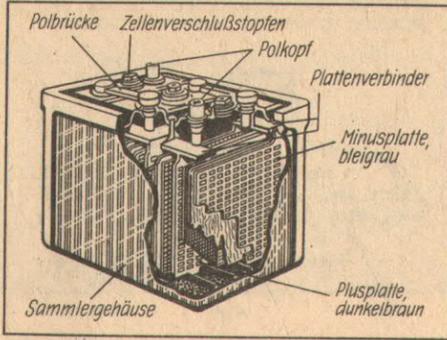


Bild 47/1 Schnittdarstellung eines Bleiakkumulators

Bild 47/2 Reihenschaltung von 6 Akkumulatorzellen

Bild 47/3 Schaltbild eines Reglerschalters

Der **Rückstromschalter** trennt die Verbindung zwischen Batterie und Lichtmaschine, wenn die von der Lichtmaschine abgegebene Spannung die der Batterie unterschreitet. Dadurch wird verhindert, daß sich die Batterie über die Lichtmaschine entlädt. Über den Rückstromschalter wird auch die rote Ladekontrollampe geschaltet, die verlischt, sobald die Batterie geladen wird (Lichtmaschinenspannung > Batteriespannung).

Der Reglerschalter besteht aus Spannungsregler und Rückstromschalter. Er hält die Spannung in der elektrischen Anlage konstant und trennt bei zu geringer Lichtmaschinenspannung Batterie und Lichtmaschine.

Anlasser

Verbrennungsmotoren können im Unterschied zu Elektromotoren nicht selbständig anlaufen. Sie benötigen einen besonderen Anlasser (Bilder 48/1 und 48/2). Dafür werden heute vorwiegend Gleichstrom-Reihenschlußmotoren verwendet, die ein sehr großes Drehmoment abgeben.

Der meist eingesetzte Schubschraubentrieb-Anlasser (Bild 48/2) hat folgende Wirkungsweise:

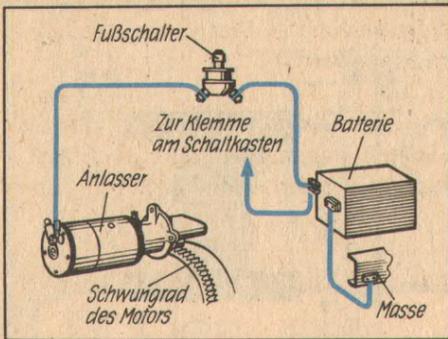


Bild 48/1 Anordnung des elektrischen Anlassers am Traktor

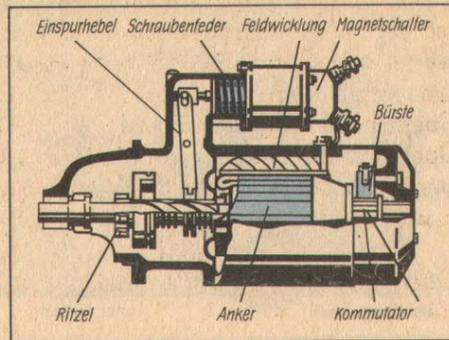


Bild 48/2 Schubschraubentrieb-Anlasser (Längsschnitt)

Beim Betätigen des Anlaßschalters erhält der Magnetschalter Strom und rastet das Anlasserritzel in den Zahnkranz der Schwungscheibe ein. Dabei schließt der Anlasserstromkreis, der Anker beginnt zu drehen, und der Motor wird gestartet, d. h., das Kurbelgetriebe wird auf eine bestimmte Drehzahl gebracht, bei der der Motor zu arbeiten beginnt.

Beim Traktor werden häufig zwei 12-Volt-Batterien durch Batterieumschalter in Reihe geschaltet, da 24-Volt-Anlasser verwendet werden, um eine größere Anlasserleistung und -drehzahl zu erreichen.

Licht- und Signalanlage

Eine wichtige Voraussetzung für die Verkehrssicherheit eines Fahrzeugs ist die funktionstüchtige Licht- und Signalanlage. Sie muß den Bestimmungen der §§ 57 bis 64 der Straßenverkehrs-Zulassungsordnung entsprechen.

Fahrzeuge mit defekten Licht- und Signalanlagen dürfen nicht am Straßenverkehr teilnehmen.

Moderne Traktoren haben meist normale *Fahrzeugscheinwerfer* mit Ablend- und Fernlicht (Zweifaden- oder Biluxlampe), die auch für nächtliche Feldarbeiten (Schichteinsatz) gute Arbeitsbedingungen gewährleisten. Die Scheinwerfer enthalten ferner die Standlichtlampen zur *vorderen Fahrzeugbeleuchtung* (Bild 49/1). Die *hintere Fahrzeugbeleuchtung* ist meist als kombinierte Blink-Brems- und Schlußleuchte ausgeführt.

Blink- und Bremsleuchten sind wie Horn- und Lichthupe *Signaleinrichtungen*. Die *Bremsleuchten* müssen beim Betätigen der Betriebsbremse aufleuchten, unabhängig davon, ob die Fahrzeugbeleuchtung eingeschaltet ist oder nicht. *Blinkleuchten* werden heute ausschließlich als Fahrtrichtungsanzeiger angewendet. Die Blinkfrequenz wird dabei selbsttätig durch einen Blinkgeber gesteuert (Bild 49/2).

Traktoren sind meist noch mit einem schwenkbaren *Zusatzscheinwerfer* ausgestattet, der die Arbeitsspur oder die Anhängengeräte beleuchtet. Dieser Arbeitsscheinwerfer gilt nicht als Rückfahrcheinwerfer im Sinne der StVZO.

Die einzelnen Stromkreise der elektrischen Anlage des Fahrzeugs sind gegen Überlastung abgesichert. Es werden Schmelzsicherungen eingesetzt, die bei Überschreiten der Nennstromstärke (8 A bzw. 15 A) ansprechen (durchbrennen). Der Ersatz oder das Überbrücken der Sicherung mit irgendwelchen Leitern (Draht usw.) ist nicht zulässig!

- Überlegen und begründen Sie, welche Folgen das Überbrücken einer Sicherung haben kann!

Pflege und Wartung der elektrischen Anlage

Lichtmaschine, Reglerschalter und Anlasser sind nahezu wartungsfrei. Defekte Aggregate werden grundsätzlich durch funktionsfähige ersetzt.

Notwendig ist regelmäßiges Kontrollieren und Nachstellen der Keilriemenspannung.

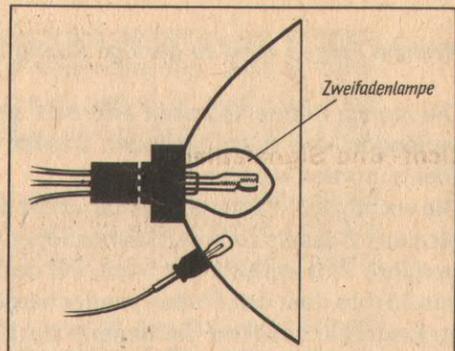


Bild 49/1 Fahrzeugscheinwerfer (schematisch)

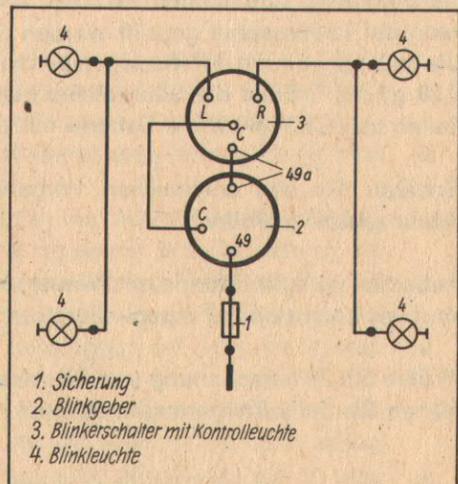


Bild 49/2 Schaltschema einer Blinkanlage



Bild 50/1 Prüfen der Zellenspannung an einem 12-V-Akkumulator

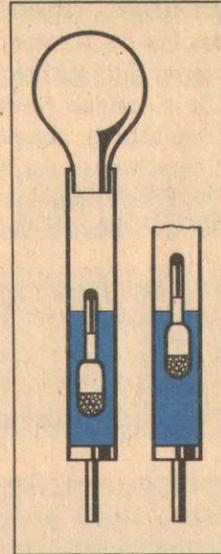


Bild 50/2 Säureprüfer (links: Batterie entladen, rechts: Batterie geladen)

● Welche Folgen kann zu geringe Keilriemenspannung haben?

Die meiste Aufmerksamkeit erfordert die Pflege der Batterie. Regelmäßige Pflege verlängert ihre Nutzungsdauer. Das ist volkswirtschaftlich besonders wichtig, da Blei importiert werden muß.

Die wichtigste Pflegemaßnahme ist die Kontrolle des Säurestandes. Durch Verdunsten des Wassers sinkt der Säurespiegel, die Platten kommen mit Luft in Berührung, und ihre Wirksamkeit läßt nach. Mit destilliertem Wasser wird der normale Stand von 15 mm über den Platten wieder hergestellt. Weiter ist es wichtig, die Spannung zu kontrollieren. Wird die Batterie stark beansprucht, besonders im Winter, sinkt die Spannung sehr schnell. Mit dem Spannungsmesser oder einem Säureprüfer kann der Ladezustand geprüft werden (Bilder 50/1 und 50/2).

Die Zellenspannung der frisch geladenen Batterie beträgt 2,1 V und die Säuredichte $1,28 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Sinkt die Säuredichte auf $1,18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oder die Spannung in den Zellen auf 1,8 V, muß die Batterie mit dem Ladegerät nachgeladen werden.

● Erklären Sie den chemischen Vorgang, durch den sich die Säuredichte im Akkumulator verändert!

Äußerlich wird die Batterie mit Wasser und Bürste gereinigt. Die sauberen Bleiteile sind vor Korrosion mit einem säurefreien Fett zu schützen.

● Prüfen Sie Zellenspannung und Säurestand im Akkumulator des Lehrtraktors, und ziehen Sie Schlußfolgerungen daraus!

Einrichtungen am Traktor für den Einsatz mit Arbeitsgeräten

Um die vielfältigen Aufgaben in der landwirtschaftlichen Produktion zu lösen, wird der Traktor stets in Verbindung mit einem Gerät bzw. einer Landmaschine (Bild 51/1) eingesetzt. Beide zusammen bilden ein Aggregat. Der Traktor dient dabei als Energiequelle für die Fortbewegung der Landmaschine und den Antrieb ihrer Arbeitswerkzeuge und -einrichtungen.

Geräte und Maschinen für die verschiedenen Einsatzgebiete von Traktoren

Einsatzgebiete	Geräte und Maschinen
Bodenbearbeitung	■ Pflug, Scheibenegge, Egge, Striegel, Hackgerät, Grubber, Walze, Schleppe
Bestellung	■ Drillmaschine, Pflanzmaschine, Maislegemaschine
Düngung	■ Tellerdüngerstreuer, Stalldüngerstreuer, Anhänger für die Gülleausbringung
Ernte	■ Hochdrucksammelpresse, Feldhäcksler, Kartoffelsammelroder
Transport	■ Anhänger in verschiedenen Varianten

Anbau- und Anhängereinrichtungen

Landmaschinen können mit dem Traktor durch Anhängen, Aufsatteln und Anbauen verbunden werden (Bild 51/1). Um eine möglichst vielfältige Aggregatbildung zu ermöglichen, sind die Verbindungselemente, wichtige Abmessungen und Antriebsmöglichkeiten standardisiert.

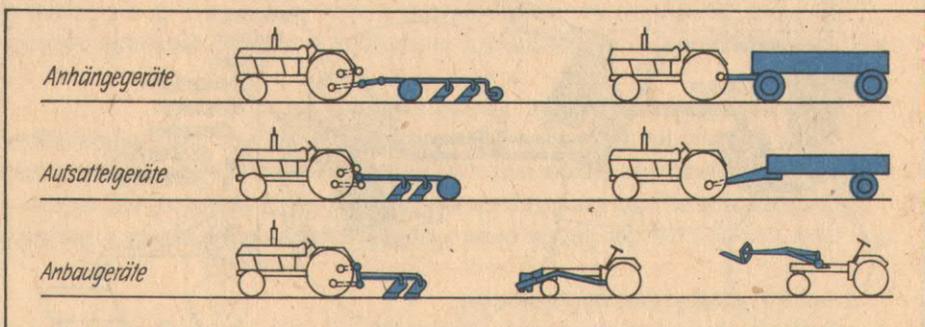


Bild 51/1 Aggregatbildungen von Traktor und Gerät oder Landmaschine

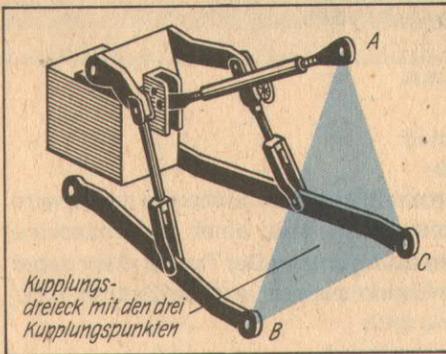


Bild 52/1 Dreipunktanbau

Das wichtigste Verbindungselement, mit dem alle modernen Traktoren ausgestattet sind, ist der *Dreipunktanbau* (Bild 52/1).

Anbaugeräte werden mit Bolzen an die mit Kugelköpfen versehenen Enden der beiden unteren Lenker und des oberen Lenkers angekoppelt.

Zum Anhängen gezogener Geräte ist meist an den unteren Lenkern eine *Anhängeschiene* befestigt. Für den Transport mit Anhängern im Straßenverkehr muß der Traktor jedoch mit einer standardisierten *Anhängekupplung* (Bild 56/1) ausgestattet sein.

Für die Verwendung von Aufsattelanhängern (Bild 51/1) ist eine *Hubkupplung* erforderlich.

Ein Sattelzug ermöglicht durch die zusätzliche Hinterachsbelastung höhere Zugkraft des Traktors und damit Transporte unter schwierigen Bedingungen auf dem Feld.

Hydraulikanlage

Dreipunktanbau und Hubkupplung werden durch einen hydraulischen Kraftheber betätigt. Er ist der wichtigste Teil der Hydraulikanlage des Traktors (Bild 52/2). Der Kraftheber arbeitet nach dem Prinzip der hydraulischen Presse.

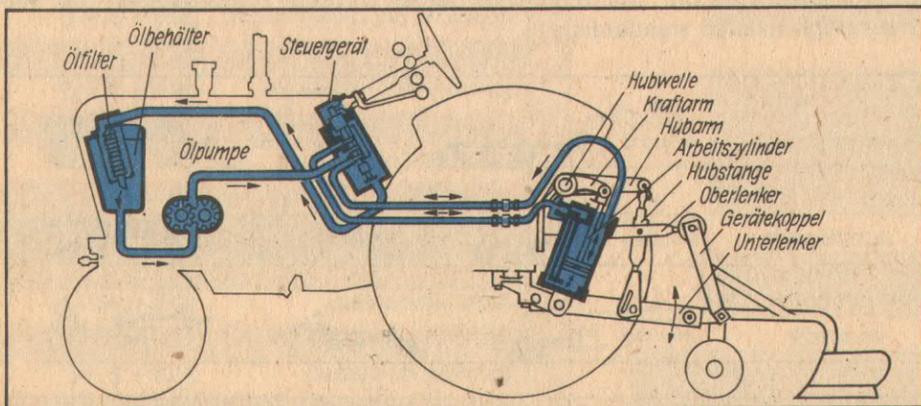


Bild 52/2-Hydraulikanlage

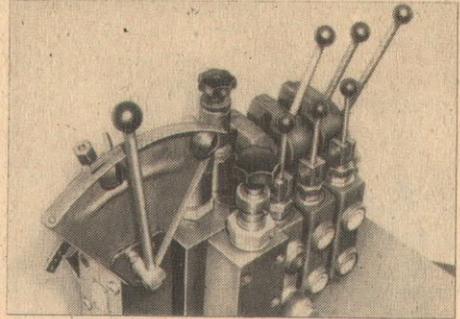


Bild 53/1 Steuerblock einer Hydraulikanlage

- **Wiederholen Sie, was Sie im Physikunterricht über hydraulische Anlagen gelernt haben!** (↗ Ph i Üb, S. 81)

Der Öldruck in der Hydraulikanlage wird durch Pumpen, meist Zahnradpumpen (Bild 52/2), erzeugt.

Die eigentliche Hubarbeit verrichtet ein Arbeitszylinder mit Kolben.

Die Bedienung der Hydraulikanlage, d. h. die Steuerung des Krafthebers und damit der Arbeitsgeräte erfolgt mit Hilfe des Steuerblocks. Der Steuerblock (Bild 53/1) ist eine Kombination von Ventilen, die den Strom des Hydrauliköls so steuern, daß die Arbeitszylinder in der gewünschten Weise wirken (Heben oder Senken).

Bei der Bodenbearbeitung (z. B. Pflügen) kommt es darauf an, stets eine gleichbleibende Arbeitstiefe einzuhalten. Bodenunebenheiten und wechselnder Bödenwiderstand erfordern deshalb ein ständiges Nachstellen der Höhe des Dreipunktanbaus mit dem Kraftheber.

Da diese Aufgabe mit der Handsteuerung nicht zu bewältigen ist, sind moderne Traktoren mit einer *Regelhydraulik* ausgestattet.

Die Hydraulikanlage hat meist auch noch freie Anschlüsse, über die hydraulisch arbeitende Geräte oder hydraulische Kippanhänger angetrieben werden können (Bilder 54/1 und 54/2).

Hydraulische Anlagen gehören zur Ausrüstung eines modernen Traktors. Sie ermöglichen den wirtschaftlichen Einsatz mit verschiedenen Arbeitsgeräten und erleichtern dem Traktoristen die Arbeit.

Zapfwellen

Viele traktorgezogene Landmaschinen, wie Feldhäcksler, Ballenpresse, Kartoffelerntemaschine, haben ebenso wie besondere Anhänger Arbeitselemente, die angetrieben werden müssen (Bild 54/2).

Die Traktoren sind deshalb mit Zapfwellen ausgerüstet, über die ein Teil der Motorleistung zum Antrieb der Arbeitselemente der Landmaschine übertragen werden kann. Zapfwellen können heckseitig (Bild 54/1), frontseitig und auch zwischen den Achsen angebaut sein. Die Kraftübertragung erfolgt vom ent-



Bild 54/2 Zapfwelle und Hydraulikanschlüsse am Kartoffelsammelroder

Bild 54/1 Heckzapfwelle und Hydraulikanschlüsse am Traktor ZT 300

sprechenden Getriebe des Traktors. Sie kann durch Kupplungen getrennt werden (↗ Bild 26/1).

Vom Zapfwellenstumpf des Traktors wird das Drehmoment durch eine Gelenkwelle zur angehängten Maschine übertragen. Alle Anschlußmaße sowie Zapfwellendrehzahl und -drehrichtung sind standardisiert. Während bisher überwiegend die Drehzahl 540 min^{-1} angewendet wird, geht man auch schon zur Zapfwellendrehzahl von 1000 min^{-1} über. Dabei kann bei gleichem Zapfwellendurchmesser fast die doppelte Leistung übertragen werden.

Zapfwellen dienen zur Übertragung der Antriebsenergie vom Traktor zu den Arbeitselementen der Landmaschine.

- Führen Sie den rechnerischen Nachweis, daß eine Zapfwelle mit gleichem Durchmesser bei Verdopplung der Drehzahl die doppelte Leistung übertragen kann!
(Hinweis: Die Festigkeit einer Welle läßt nur ein bestimmtes Drehmoment zu.)

Überprüfen der Verkehrs- und Betriebssicherheit

Der § 5 der Straßenverkehrsordnung verpflichtet den Fahrzeugführer, den Zustand seines Fahrzeugs vor Antritt der Fahrt zu überprüfen. Bei Traktoren und LKW gehören dazu auch die Kontrolle der Ladung auf Zugfahrzeug und Anhänger sowie der angehängten oder angebauten landwirtschaftlichen Geräte und Maschinen. Liegen Mängel vor, die die Verkehrs- oder Betriebssicherheit beeinträchtigen, darf die Fahrt nicht angetreten werden. Mängel, die während der Fahrt auftreten und die Verkehrssicherheit beeinträchtigen, sind unverzüglich zu beseitigen. Ist das nicht möglich, ist das Fahrzeug auf dem kürzesten Wege aus dem Verkehr zu ziehen. Diese Grundsätze haben eine große Bedeutung für den Schutz des Volkseigentums und besonders für die Erhaltung der Gesundheit und des Lebens der Verkehrsteilnehmer. Sie verlangen von jedem Fahrzeugführer ein hohes Verantwortungsbewußtsein gegenüber unserer sozialistischen Gesellschaft.

Verkehrssicherheit

Ein Traktor ist verkehrssicher, wenn

- Lenkung
- Bremsen
- Bereifung
- Licht- und Signalanlage
- Anhängerkupplung und
- Ladung

in einwandfreiem funktionstüchtigem Zustand entsprechend der StVZO sind.

Lenkung. Die Teile der Lenkung dürfen nicht verbogen sein und keine Risse aufweisen.

Alle Schraubverbindungen müssen fest sitzen und durch Splinte oder Sicherungsbleche gesichert sein.

Das Spiel am Lenkrad darf höchstens 30° ($\triangleq 1/12$ des Lenkradumfangs) betragen (↗ S. 39).

Bremsen. Das Spiel am Bremsfußhebel darf ein Drittel des Pedalwegs nicht überschreiten (↗ S. 43).

Die Handbremse (Feststellbremse) muß beim Einrasten der Sperrklinke im dritten oder vierten Zahn wirksam werden.

Bereifung. Alle Reifen müssen den vorgeschriebenen Luftdruck aufweisen. Das Profil darf nicht zu stark abgenutzt sein. Mechanische Schäden dürfen nicht vorhanden sein (↗ S. 37).

Licht- und Signalanlage. Zu überprüfen sind: Beleuchtung, Fahrtrichtungsanzeiger, Hupe und Scheibenwischer. Die Anlagen müssen auch am Tage funktionstüchtig sein. Das Bremslicht darf nur beim Betätigen des Bremspedals aufleuchten. Die Hell-Dunkel-Grenze des Abblendlichtes soll im Abstand von fünf Metern fünf

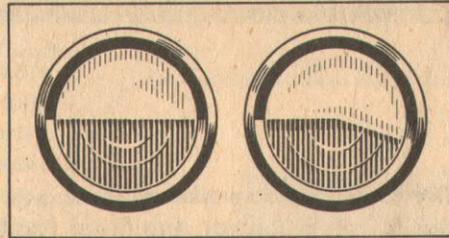
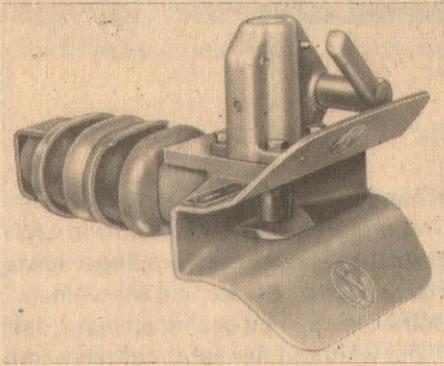


Bild 56/2 Hell-Dunkel-Grenze bei Scheinwerfern mit (links) symmetrischem und (rechts) asymmetrischem Abblendlicht
Bild 56/1 Gefederte automatische Anhängerkupplung

Zentimeter unter der Scheinwerfermitte liegen, damit der Gegenverkehr nicht geblendet wird. Die Hell-Dunkel-Grenze muß waagrecht liegen (Bild 56/2).

Anhängerkupplung: Am Kupplungsmaul dürfen keine Verbiegungen und Risse vorhanden sein! An der Angriffsfläche des Zugmauls darf der Kupplungsbolzen höchstens fünf Millimeter eingearbeitet sein. Der Kupplungsbolzen muß gegen Verschiebungen nach oben und unten, also zweifach gesichert sein.

Ladung. Die Ladung muß sicher verstaut und befestigt sein. Die Bordwände bei LKW und Anhängern sind zu verriegeln und zu sichern.

Betriebssicherheit

Voraussetzungen für die Betriebssicherheit eines Kraftfahrzeugs sind

- ausreichender Kraftstoffvorrat
- Schmierstoffversorgung der einzelnen Aggregate
- genügend Kühlflüssigkeit bzw. funktionsfähige Luftkühlung
- genügend Bremsflüssigkeit bzw. ausreichender Luftdruck in der Bremsanlage
- geladene Starterbatterie

Zum Überprüfen der Betriebssicherheit gehören deshalb folgende Arbeiten:

Kraftstoffkontrolle. Kraftstoff ist zu ergänzen. Die Kraftstoffanlage sollte dabei auf Dichtheit überprüft werden.

Ölkontrolle. Der Ölstand wird in folgenden Baugruppen überprüft: Motor, Einspritzpumpe, Hydraulikanlage, Getriebe, Ölbad-Luftfilter. Verbrauchtes Öl ist zu ergänzen.

Abschmieren. Alle Schmierstellen müssen nach dem Schmierplan versorgt werden. Schmiernippel sind vorher zu säubern. Das Fett ist solange einzupressen, bis aus den Lagern sauberes Fett austritt.

Bei wassergekühlten Motoren: **Wasserstandskontrolle.** Bei übermäßigem Wasserverbrauch ist die Anlage auf undichte Stellen zu prüfen. Im Winter müssen Frostschutzmittel verwendet werden.

Bei luftgekühlten Motoren müssen die Kühlrippen der Zylinder gesäubert und die Keilriemenspannung des Gebläses kontrolliert werden.

Kontrolle der Bremsflüssigkeit bzw. des Luftdrucks in der Bremsanlage (↗ S. 42)

Kontrolle der Batterie (↗ S. 50)

Pflege des Traktors

Um die ständige Einsatzbereitschaft des Traktors und seine Verkehrs- und Betriebssicherheit zu gewährleisten, sind regelmäßige Pflegemaßnahmen, Überprüfungen und Instandsetzungen notwendig.

Pflegemaßnahmen haben in erster Linie die Traktoristen und in besonderen Fällen Fachkräfte vorzunehmen. Durch die Pflegemaßnahmen soll die Abnutzung der Bauteile verzögert und eine höchstmögliche Nutzungsdauer des Traktors erzielt werden.

Überprüfungen werden regelmäßig vom Traktorenprüfdienst des Kreisbetriebes für Landtechnik vorgenommen. Dadurch sollen der Verschleiß überwacht und Schäden frühzeitig erkannt werden.

Instandsetzungen werden von der Werkstatt ausgeführt. Sie sind erforderlich, wenn besondere Schäden zu beheben sind oder die Betriebssicherheit nicht mehr gewährleistet ist.

Durch Pflege- und Überprüfungsmaßnahmen sollen nach dem Prinzip der strengsten Sparsamkeit Bauteile und Baugruppen möglichst lange genutzt werden. Durch eine verantwortungsbewußte Pflege können Kosten, Ersatzteile und Ausfallzeiten eingespart werden.

Pflegegruppen für Traktoren

Für jeden Traktorentyp gibt es *Instandhaltungsvorschriften*. Sie enthalten die *Pflegevorschriften*, die in mehrere Gruppen eingeteilt sind. Die einzelnen *Pflegegruppen* schreiben die erforderlichen Maßnahmen vor, die jeweils nach einer bestimmten Betriebsstundenzahl bzw. einem bestimmten Kraftstoffverbrauch durchzuführen sind.

Am Beispiel des Traktors ZT 300 sollen die wichtigsten Pflegemaßnahmen erläutert werden:

Tägliche Pflege: täglich nach 10 Betriebsstunden (Bh) oder nach 90 l Dieselkraftstoff (DK)-Verbrauch

- Schraubverbindungen kontrollieren und, wenn notwendig, nachziehen
- Ölstand im Kurbelgehäuse des Motors, Kurbelgehäuse des Kolbenverdichters, Luftfiltergehäuse kontrollieren
- Bremsflüssigkeit kontrollieren und, wenn notwendig, nachfüllen
- Luftdruck in den Reifen überprüfen
- Wasserkühler auf Wasserstand und Dichtheit überprüfen
- Kraftstoff-, Schmieröl- und Hydraulikölleitungen auf Dichtheit prüfen
- Keilriemenspannung prüfen
- Motor auf einwandfreien Lauf abhören, Öldruck prüfen

Die tägliche Pflege hat der Traktorist regelmäßig vor oder nach der Schicht auszuführen.

- *Stellen Sie fest, welche typenbedingten Maßnahmen für die tägliche Pflege eines Traktors in Ihrem Einsatzbetrieb vorgeschrieben sind!*

Pflegegruppe 1: nach je 150 Bh oder 1350 l DK-Verbrauch

- Alle Arbeiten der täglichen Pflege ausführen
- Traktor äußerlich reinigen und mit Konservierungsmittel einsprühen
- Abschmieren laut Schmierplan
- Reinigen des Hydraulikölfilters
- Säurestand und -dichte in der Batterie prüfen

Pflegegruppe 2: nach je 300 Bh oder 2700 l DK-Verbrauch

- Alle Arbeiten der Pflegegruppe 1 ausführen
- Ölwechsel im Motorkurbelgehäuse durchführen
- Kraftstofffilter reinigen
- Ventilspiel kontrollieren
- Luftfilter reinigen und Öl erneuern
- Anhängerkupplung überprüfen

Pflegegruppe 3: nach je 600 Bh oder 5400 l DK-Verbrauch

- Alle Arbeiten der Pflegegruppe 2 ausführen
- Kraftstofffilter auswechseln
- Kupplungsspiel überprüfen
- Vorspur der Vorderräder überprüfen
- Lenkungsspiel überprüfen

Pflegegruppe 4: nach je 1200 Bh oder 10800 l DK-Verbrauch

- Alle Arbeiten der Pflegegruppe 3 ausführen
- Einspritzdüsen und Düsenhalter reinigen, Einspritzdruck überprüfen
- Zylinderkopfschrauben nachziehen
- Auspuffzyklon reinigen
- Anschlüsse der elektrischen Anlage auf festen Sitz überprüfen
- Ölwechsel im Getriebe durchführen
- Hydrauliköl wechseln

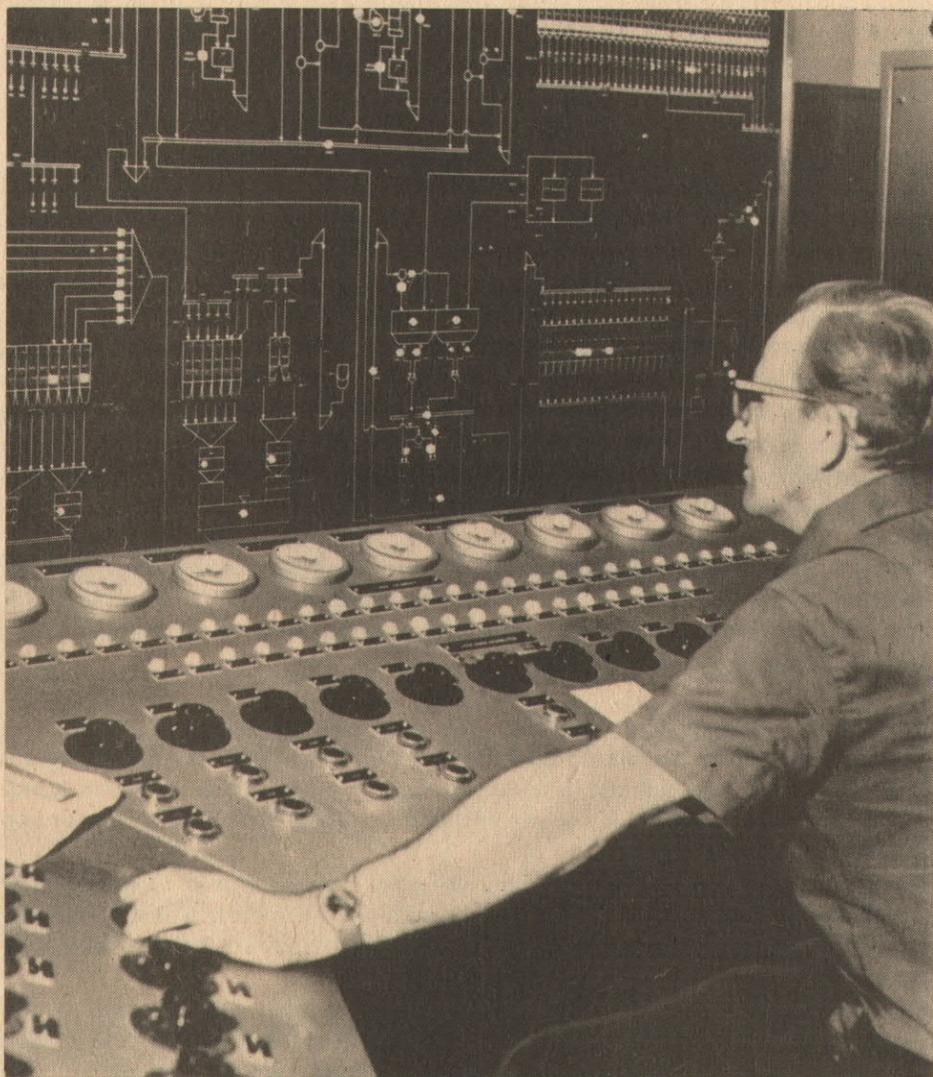
Die Pflegemaßnahmen der einzelnen Pflegegruppen werden jeweils nach einem bestimmten Kraftstoffverbrauch oder einer bestimmten Betriebsstundenzahl durchgeführt.

- *Lassen Sie sich in Ihrem Einsatzbetrieb die Instandhaltungsvorschrift eines Traktors zeigen, und führen Sie an diesem Traktor Arbeiten der täglichen Pflege aus!*
- *Stellen Sie fest, welche Montagearbeiten an diesem Traktor erforderlich sind, um die Maßnahmen der Pflegegruppe 3 durchzuführen!*
- *Überlegen Sie, warum bei den einzelnen Traktorentypen der Kraftstoffverbrauch als Maß für den Zeitraum zwischen den Pflegegruppen festgelegt ist!*
- *Stellen Sie fest, welche Zeitnormen für die Arbeiten der Pflegegruppen des Lehrtraktors festgelegt sind!*
- *Wodurch unterscheiden sich Altöl und Frischöl?
Führen Sie dazu folgenden Versuch durch:*

- Altöl und Frischöl nacheinander zwischen den Fingern reiben und die Schmierfähigkeit beurteilen;
- Geruchsprobe beider Ölproben vornehmen;
- beide Ölproben gegen das Licht betrachten;
- Altöl gut durchmischen und zentrifugieren und den Rückstand mit dem Mikroskop und einem Magneten untersuchen;
- Altöl mit Waschbenzin stark verdünnen und filtrieren;
- Rückstand mit dem Magneten auf Metallabrieb untersuchen (für die sichere Aufnahme der Metallteilchen ein Blatt Filterpapier zwischen Magnet und Rückstand legen);
- Rückstand mit dem Mikroskop oder der Lupe untersuchen, dabei auf mineralische, metallische und kohlenstoffhaltige Bestandteile achten;
- Frischöl zum Vergleich unter dem Mikroskop oder der Lupe betrachten.

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen, wie wichtig regelmäßiges Ölwechseln ist und daß durch Regenerieren Altöl wieder seine Schmierfähigkeit erlangt.

Einführung in die Steuerung und Regelung von Maschinen und Anlagen



Einführung

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Landwirtschaft wird in erster Linie durch die Einführung industriemäßiger Produktionsverfahren verwirklicht. Beispiele dafür sind Anlagen zur Herstellung von Futtermischungen, Melkanlagen, Aufzucht- und Mastbetriebe, in denen mehrschichtig gearbeitet wird und der Anlagewert je Produktionsarbeiter z. B. dem der chemischen Industrie nahekommt. Bei diesen Produktionsverfahren entlasten Steuerungen und Regelungen den Menschen von körperlich anstrengenden und sich häufig wiederholenden Arbeiten oder erleichtern sie wesentlich. Das Ziel der Produktion, die Herstellung eines bestimmten Produktes oder eines gewünschten Zustandes, bleibt jedoch erhalten. Das Ernten, Lagern und Fördern des Futters bleiben ebenso erforderliche Arbeitsgänge wie z. B. das Melken der Kühe. Geändert hat sich lediglich die Art der Ausführung der Arbeit. Sie entwickelt sich — historisch betrachtet — von der Handarbeit über die Mechanisierung zur automatisierten Produktion. Bei der Handarbeit liefert der Mensch die erforderliche Energie durch seine Muskeln, er beeinflusst (bedient) und kontrolliert den Arbeitsvorgang entsprechend der Aufgabenstellung. Bei der Mechanisierung wird die Muskelkraft durch maschinelle Antriebe (Energienmaschinen) ersetzt, das erforderliche Beeinflussen (Bedienen) und Kontrollieren des Arbeitsvorganges obliegt noch dem Menschen.

Zum Betrieb automatisierter Anlagen führt der Mensch vorwiegend Kontrollaufgaben aus, die eine hohe fachliche Qualifikation erfordern. Die Anlage wird vom Menschen in Betrieb gesetzt, danach übernehmen Steuerungen und Regelungen die Prozeßführung, die der Mensch kontrolliert (Einführungsbild: Schaltzentrale einer landwirtschaftlichen Trocknungsanlage).

- *Nennen Sie aus Ihrem Einsatzbetrieb Arbeitsvorgänge, die die Merkmale der Handarbeit, der Mechanisierung und der Automatisierung tragen! Überlegen Sie, von welchen Faktoren der Übergang von der einen zur anderen Stufe abhängt und welche Rolle der Mensch dabei spielt!*

Steuern und Regeln sind Vorgänge, bei denen Maschinen oder Prozesse in Produktionsanlagen in beabsichtigter Weise beeinflußt werden. Die Beeinflussung kann von Hand oder selbsttätig (automatisch) erfolgen, so daß zwischen Handsteuerungen und -regelungen sowie selbsttätigen Steuerungen und Regelungen unterschieden wird.

Gesteuert oder geregelt werden Energie- oder Massenströme. Dabei werden physikalische Größen gemessen und entsprechend beeinflußt. Solche physikalischen Größen sind z. B. Längen, Winkel, Kräfte, Temperaturen, Drücke, elektrische Spannungen, elektrische Ströme, Durchflüsse, Mengen.

Die Gesamtanlage, in der gesteuert oder geregelt wird, unterteilt sich in den beeinflussten, gesteuerten oder geregelten Teil, genannt *Strecke*, und in den beeinflussenden, steuernden oder regelnden Teil, genannt *Einrichtung*.

Steuerung

Handsteuerung

Im täglichen Leben gibt es viele Beispiele für die Steuerung bestimmter Vorgänge. Der Mensch mißt mit Hilfe seiner Augen die Helligkeit im Raum, stellt fest, daß sie nicht ausreicht, und schaltet die Glühlampe ein. Indem er den Schalter betätigt, erteilt er einen Steuerbefehl. Der Schalter — das Stellglied, ermöglicht nun den Stromfluß durch die Lampe — die Steuerstrecke (Bild 63/1).

Bei der Handsteuerung ist also der Mensch der *Befehlsgeber*. Den Eingriff in den Energie- oder Massenstrom übernimmt das *Stellglied*. Das gesteuerte Objekt wird als *Steuerstrecke* bezeichnet.

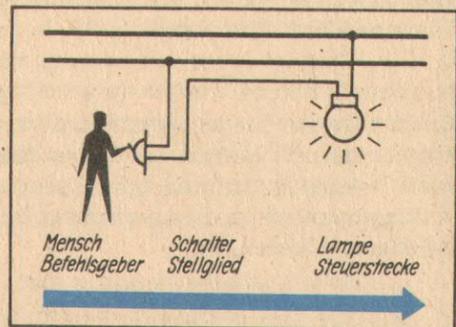


Bild 63/1 Schematische Darstellung der Handsteuerung

Die Betätigung der Hydraulikanlage eines Traktors durch den Menschen trägt ebenfalls Merkmale einer Handsteuerung. Zahlreiche technische Vorgänge können über die Handsteuerung jedoch nicht realisiert werden, da der Mensch zu langsam reagiert und schnell ermüdet oder auf Grund gesundheitsschädigender Prozesse überhaupt nicht einsetzbar ist.

- Die ersten Dampfmaschinen konnten noch von Hand gesteuert werden, da sie sehr langsam liefen. Bei einem LKW-Motor mit einer Drehzahl von 2300 min^{-1} ist eine Handsteuerung der Ventile nicht mehr möglich. An die Stelle der Handsteuerung tritt dann die selbsttätige (automatische) Steuerung, bei der die Tätigkeit des Menschen durch eine *Steuereinrichtung* ersetzt wird.

Ventilsteuerung als selbsttätige Steuerung

Eine selbsttätige Steuerung ist z. B. die Ventilsteuerung des Viertakt-Verbrennungsmotors, bei der ein Massenstrom, der Gaswechsel im Verbrennungsraum, gesteuert wird. An diesem Beispiel soll das Wesen einer selbsttätigen Steuerung erläutert werden.

Grundbegriffe der Steuerungstechnik

Bei der Ventilsteuerung erteilt der Nocken auf der Nockenwelle den Steuerbefehl, der die beiden Ventilstellungen „offen“ und „geschlossen“ gewährleistet. Da in der Form des Nockens das Programm festgelegt ist, wird die Nockenwelle als *Programmspeicher* bezeichnet. Stößel, Stößelstange und Kipphebel leiten den Steuerbefehl von der Nockenwelle auf das Ventil, das *Stellglied*, weiter. Die befehlsgemäße Beeinflussung des Massenstromes erfolgt im Verbrennungsraum mit den Ein- und Auslaßöffnungen, der als *Steuerstrecke* bezeichnet wird. Zum beeinflussenden Teil der Ventilsteuerung, der *Steuereinrichtung*, zählen die Nockenwelle sowie Stößel, Stößelstange und Kipphebel. Der beeinflusste Teil ist die Steuerstrecke.

Jede Steuerung besteht aus der Steuereinrichtung, der Steuerstrecke und dem Stellglied.

In der folgenden Übersicht werden die Grundbegriffe noch einmal zusammengefaßt und anschließend erläutert.

Grundbegriffe	■ Teile der Ventilsteuerung
1. Steuer- einrichtung	Nockenwelle mit Nocken (Programmspeicher) Stößel, Stößelstange und Kipphebel
2. Stellglied	Ventil
3. Steuerstrecke	Verbrennungsraum mit Ein- und Auslaßöffnung

Programmspeicher: Bei Programmsteuerungen Teil der Steuereinrichtung, der den Steuerbefehl für das Stellglied enthält.

Im Steuerprogramm ist festgelegt (hier Nockenstellung), zu welchem Zeitpunkt das Stellglied betätigt wird.

Steuereinrichtung: Zusammenfassende Benennung für alle Bauglieder, mit deren Hilfe über das Stellglied ein Energie- oder Massenstrom in der Steuerstrecke beeinflusst wird.

Steuernder Teil einer Steuerung.

Stellglied: Bauglied, mit dem aufgabengemäß in einen Energie- oder Massenstrom eingegriffen wird. Die Betätigung des Stellgliedes wird Stellen genannt.

Steuerstrecke: Teil einer Steuerung, in den das Stellglied eingreift und den Energie- oder Massenstrom der Steuerungsaufgabe entsprechend beeinflusst.

Gesteuerter Teil der Steuerung.

Steuerkette: Offener Wirkungsweg einer Steuerung. Bei jeder Steuerung verläuft der Wirkungsweg immer nur von der Steuereinrichtung über das Stellglied zur Steuerstrecke. Über die Ausführung des Steuerbefehls erfolgt keine Rückmeldung an die Steuereinrichtung. Deshalb kann eine Steuerung auch mit einer Einbahnstraße verglichen werden, in der der Verkehr nur in einer Richtung verläuft.

Bei der Steuerung ist der Wirkungsablauf offen, den offenen Wirkungsweg nennt man Steuerkette.

Ein offener Wirkungsweg bedeutet, daß Störungen, die auf die Steuerung einwirken, unberücksichtigt bleiben. Steuerungen werden deshalb so konstruiert, daß zu erwartende Störungen den Wirkungsablauf nicht beeinflussen.

An einigen Beispielen soll erläutert werden, was unter einem offenen Wirkungsweg zu verstehen ist.

- Der Knüpfapparat einer Bindevorrichtung (↗ Tabelle S. 67) arbeitet auch weiter, wenn das Bindegarn gerissen oder verbraucht ist.
- Das Programm der Ventilsteuerung läuft unverändert ab, auch wenn das Ventil defekt ist.
- Die Hydraulikpumpe fördert weiterhin Öl, auch wenn ein Hydraulikschlauch undicht ist.

Darstellung der Steuerung

Um den Wirkungsablauf einer Steuerung zu veranschaulichen, werden die einzelnen Glieder als „Blöcke“ dargestellt, die durch Linien, die Wirkungslinien, miteinander verbunden werden. Die Linien erhalten Pfeilspitzen, um die Wirkungsrichtung, den Befehlsverlauf, zu kennzeichnen. Der durch die Steuerstrecke gehende Hohlpfeil kennzeichnet den zu steuernden Energie- oder Massenstrom (Bild 67/1). Der offene Wirkungsweg der Steuerung, die Steuerkette, wird in der zeichnerischen Darstellung durch einen vollen Pfeil symbolisiert (Bild 67/1).

Weitere Beispiele für Steuerungen

Steuerung einer Belüftungsanlage

Die Steuerungsaufgabe besteht darin, feuchtes Erntegut durch Kaltbelüftung lagerfähig zu trocknen. Dazu drückt ein Axiallüfter die Luft über Kanäle von unten durch das Erntegut. Voraussetzung ist jedoch, daß der Lüfter nur in der warmen Tageszeit eingeschaltet wird, da z. B. nachts durch die kalte und feuchte Luft das Gegenteil der Steuerungsaufgabe erzielt würde.

1. Variante, Handsteuerung: Ein Mensch schaltet zu einer bestimmten Zeit den Lüfter ein und am Abend wieder aus.

2. Variante, selbsttätige Steuerung: Die Funktion des Menschen wird durch eine Schaltuhr ersetzt, die zu den eingestellten Zeiten die Schaltvorgänge ausführt. Eine Schaltuhr funktioniert ähnlich wie eine Küchenuhr mit Wecker. Das Steuerprogramm ist an der Schaltuhr beliebig einstellbar. Gesteuert wird hier ein Massenstrom – Luft.

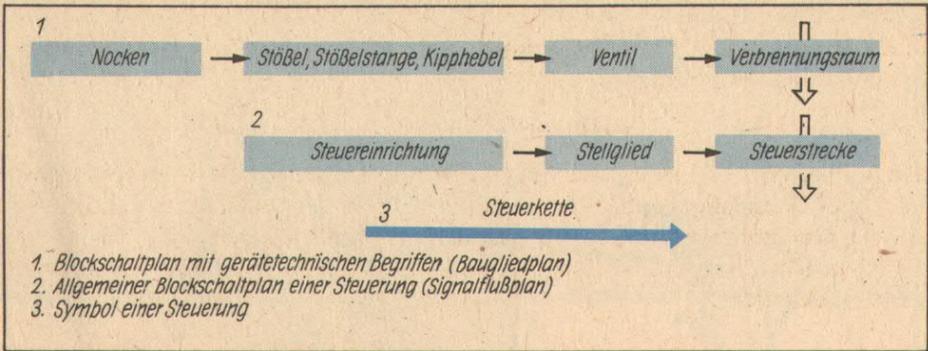


Bild 67/1 Entwicklung eines allgemeinen Blockschaltplanes einer Steuerung am Beispiel der Ventilsteuerung

- Entwickeln Sie den Blockschaltplan der oben beschriebenen Belüftungsanlage! Fertigen Sie dazu eine Aufstellung der Grundbegriffe an, wie sie am Beispiel der Ventilsteuerung entwickelt wurde. Beachten Sie: Das Stellglied greift in den Massenstrom ein!
- Wie reagiert die selbsttätige Belüftungsanlage an einem regnerischen Tag?

Einige weitere Beispiele für Steuerungen in der Landwirtschaft zeigt die folgende Tabelle.

Steuerungen an Landmaschinen

Steueranlage:	■ Knüpfapparat	■ Melkmaschine
	<p>Knüpfvorgang: Faden einlegen, binden, Knoten abziehen, auswerten</p> <p>Fadenhalter</p>	<p>Pulsator in zwei Stellungen der Ventile</p> <p>■ Weg der Milch ■ Unterdruck</p>
Steuereinrichtung:	Kurvenscheibe (Programmspeicher) Kurbelschwinge, Wellen, Kupplung	Pulsator (Programmspeicher) Vakuumschläuche, Zentrale
Stellglied:	Knüpfer mit Nadel	Formzitzengummi im Melkbecher
Steuerstrecke:	Bindetisch	Melkbecher

Außer den genannten Programmspeichern können z. B. auch noch Steuerungen mit Lochstreifen, Magnetbändern und Programmwalzen als Programmspeicher verwendet werden. Solche Programmspeicher werden eingesetzt, wenn ein

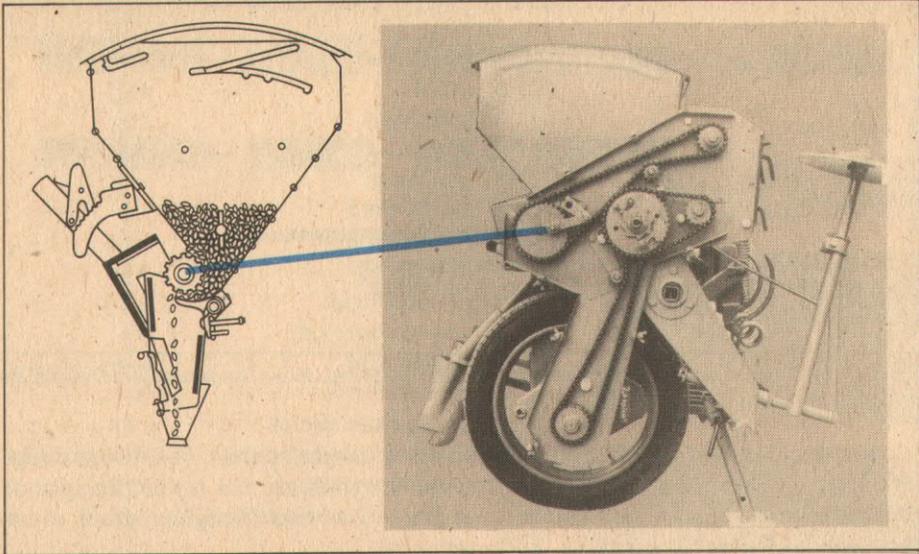


Bild 68/1 Steuerung der Aussaatmenge an der Drillmaschine

Steuereinrichtung: Laufrad (Führungsgröße; Fahrgeschwindigkeit

— Drehzahl des Laufrades), Rollenkette, Zahnräder, Wellen

Stellglied: Särad

Steuerstrecke: Saatkasten

schneller Wechsel des Speicherinhaltes bei sehr vielen zu speichernden Informationen erforderlich ist, z. B. verschiedene Rezepturen in Mischfutterwerken, Einzeltierfütterung von Kälbern.

Wenn bisher nur *Programmsteuerungen* behandelt wurden, so bedeutet das nicht, daß alle Steuerungen Programmsteuerungen sind, der Steuerbefehl also durch einen Programmspeicher erteilt wird.

Eine moderne automatische Straßenbeleuchtung z. B. wird nicht programmgemäß eingeschaltet, so wie etwa die Pausen-Klingelanlage in einer Schule, sondern in Abhängigkeit von der Tageshelligkeit. Der Befehlsgeber ist eine Fozelle, die den Steuerbefehl erteilt.

Diese Art der Steuerung nennt man *Führungssteuerung*.

- *Wie würde die Straßenbeleuchtung beeinflußt werden, wenn die Fozelle in Scheinwerferhöhe der Kraftfahrzeuge oder direkt unter einer Straßenleuchte montiert würde?*

Auch die Steuerung der Aussaatmenge einer Drillmaschine ist eine Führungssteuerung.

Während bei der modernen Straßenbeleuchtung die Tageshelligkeit die Führungsgröße darstellt, wird bei der Drillmaschine die Führung durch die Fahrgeschwindigkeit gegeben. Da sich die Drehzahl des Särades direkt proportional zu der des Laufrades verhält, ist gewährleistet, daß auch bei unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeit stets eine bestimmte Saatmenge je Hektar ausgesät wird (Bild 68/1).

Regelung

Bei der Behandlung der Steuerungen wurde festgestellt, daß beim Steuern über die Erfüllung des Steuerbefehls keine Rückmeldung an die Steuereinrichtung erfolgt, der Wirkungsweg also offen ist. Deshalb muß bei der Konstruktion von Steuerungsanlagen die ungestörte Erfüllung des Steuerbefehls vorausgesetzt werden.

Bei der Regelung ist nun diese Rückmeldung vorhanden; das Ergebnis der gewünschten Beeinflussung eines Energie- oder Massenstromes wird ständig gemessen und an die Regeleinrichtung gemeldet. Bei Abweichungen vom gewünschten Wert wird ein Steuerbefehl an das Stellglied erteilt. Die Regelung ist demnach – einfach ausgedrückt – eine durch die Rückmeldung (Rückkopplung) erweiterte Steuerung. Das erklärt auch die gemeinsame Bezeichnung Steuerungs- und Regelungstechnik. Einige Grundbegriffe der Steuerung werden beibehalten, so heißt es statt Steuereinrichtung jetzt Regeleinrichtung, statt Steuerstrecke Regelstrecke, hinzu kommen einige für die Regelung typische Grundbegriffe.

Handregelung der Kühlwassertemperatur eines Verbrennungsmotors

Im Abschnitt Motorkühlung (↗ S. 22) wurden der Aufbau und die Funktion einer Kühlanlage behandelt. So ist bekannt, daß die günstigste Temperatur des Kühlwassers bei 80 °C liegt und Unter- sowie Überschreitungen dieser Temperatur die Leistung und die Nutzungsdauer des Motors ungünstig beeinflussen (Bild 69/1). Die Regelungsaufgabe, das Kühlwasser möglichst bei einer Temperatur von 80 °C zu halten, ist also technisch und ökonomisch begründet.

- Wiederholen Sie, was Sie über den Aufbau und die Funktion der Motorkühlung gelernt haben!
- Durch welche Einflüsse kann sich die Motortemperatur ändern?
- Wie wirkt sich eine zu niedrige Motortemperatur auf die Nutzungsdauer des Motors aus (↗ Bild 69/1)?

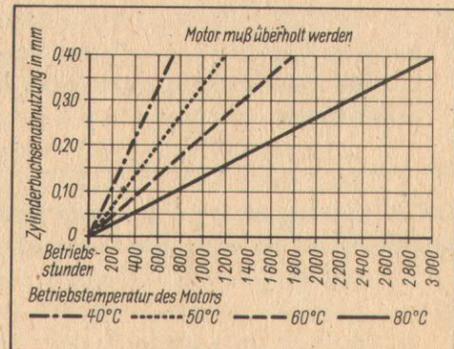


Bild 69/1 Temperatur — Verschleißdiagramm

Bei der Kühlung wird ein Energiestrom, die Temperatur des Kühlwassers, geregelt. Dies geschieht bei einem alten Traktor noch von Hand. Mit Hilfe einer Jalousie wird der Kühler mehr oder weniger abgedeckt und dadurch der Kühlluftstrom in gewünschter Weise beeinflusst (Bild 70/1).

Der Traktorist mißt am Thermometer (Meßgerät) die Temperatur und vergleicht sie mit dem gewünschten Wert von 80 °C. Bei höherer Temperatur öffnet er die Jalousie, er führt eine Steuerung aus. Mit Hilfe des Thermometers kontrolliert er aber ständig, ob durch seinen Steuerbefehl auch die gewünschte Wirkung eintritt, um eventuell beim Unterschreiten der erforderlichen Temperatur die Jalousie etwas zu schließen.

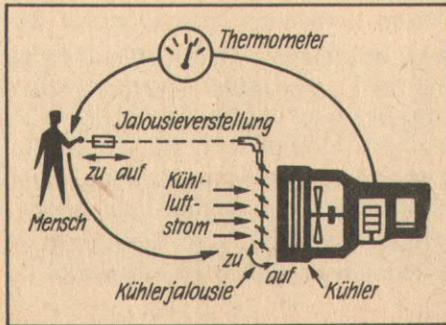


Bild 70/1 Handregelung der Kühlwassertemperatur

Durch die Kontrolle der Wirkung des Steuerbefehls wird eine Rückmeldung erreicht, damit wird die Steuerung zur Regelung (Bild 70/1). Die Handregelung hat demnach folgende Merkmale:

1. Ein bestimmter Wert soll eingehalten werden (hier 80 °C); man nennt ihn den *Sollwert* der Regelgröße (wobei die Regelgröße hier die Temperatur darstellt).
2. Durch Störungen (hier Erwärmung des Motors, Abkühlung des Motors) zeigt das Meßgerät häufig einen anderen Wert an (z. B. 60 °C, 90 °C); man nennt ihn den *Istwert* der Regelgröße.
3. Durch Messen des Istwertes und Vergleichen mit dem Sollwert wird festgestellt, ob eine Abweichung vom Sollwert vorliegt.
4. Durch Verstellen eines *Stellgliedes* (hier die Jalousie) wird die *Regelstrecke* (hier das Kühlsystem) so beeinflusst, daß bei einer Abweichung der Sollwert der Regelgröße wieder erreicht wird. Der Istwert wird dem Sollwert angeglichen.

Bei einer Regelung wird ständig gemessen, verglichen und gestellt, um einen Energie- oder Massenstrom in der Regelstrecke in gewünschter Weise zu beeinflussen.

Bei der Handregelung verkörpert der Mensch den Regler. Er muß mit Hilfe von Meß- und Stellglied die Störungen ausgleichen, die auf die Regelstrecke einwirken.

Selbsttätige Regelung der Kühlwassertemperatur

Wird die Funktion des Menschen in diesem Regelungsvorgang durch geeignete Geräte ersetzt, erhält man eine selbsttätige Regelung.

Die selbsttätige Regelung der Kühlwassertemperatur geschieht mit Hilfe eines Thermostatventils, das in den Kühlwasserkreislauf eingeschaltet ist (Bilder 71/1 und 72/1).

Bei einer Temperatur über 80°C öffnet das Thermostatventil und gibt dem Wasser den Weg zum Kühler frei.

Wirkungsablauf der Temperaturregelung des Kühlwassers

Kreislauf ohne Kühler (kleiner Kreislauf). Thermostatventil geschlossen: Das Kühlwasser wird lediglich im Motor bewegt, so daß der Motor schnell seine Betriebstemperatur erreichen kann. Der von der Pumpe erzeugte Wasserdruck ermöglicht den Kreislauf (Bild 71/1 links).

Kreislauf mit Kühler (großer Kreislauf). Thermostatventil geöffnet: Beim Überschreiten der Betriebstemperatur von 80°C verwandelt sich die im Metallfaltenbalg des Thermostatventils enthaltene Flüssigkeit in Dampf. Durch den Dampfdruck wird der Balg wie bei einer Ziehharmonika ausgedehnt. Das mit dem Balg über einen Ventilschaft verbundene Ventil öffnet und leitet das Wasser über den Kühler. Die Temperatur fällt, der Dampfdruck sinkt, der Balg zieht sich wieder zusammen und schließt das Ventil (Bild 71/1 rechts).

Dieser Vorgang wiederholt sich ständig in Abhängigkeit von der Belastung des Motors.

Bei der Handregelung diente dem Menschen das Thermometer zur Kontrolle (Meßglied). Beim Thermostatventil ist der Balg mit der Flüssigkeit das Meßglied, das bei 80°C reagiert und gleichzeitig das Stellglied (hier das Ventil) betätigt. Der Mensch ist ausgeschaltet, die Regelung ist selbsttätig. Das am Armaturenbrett

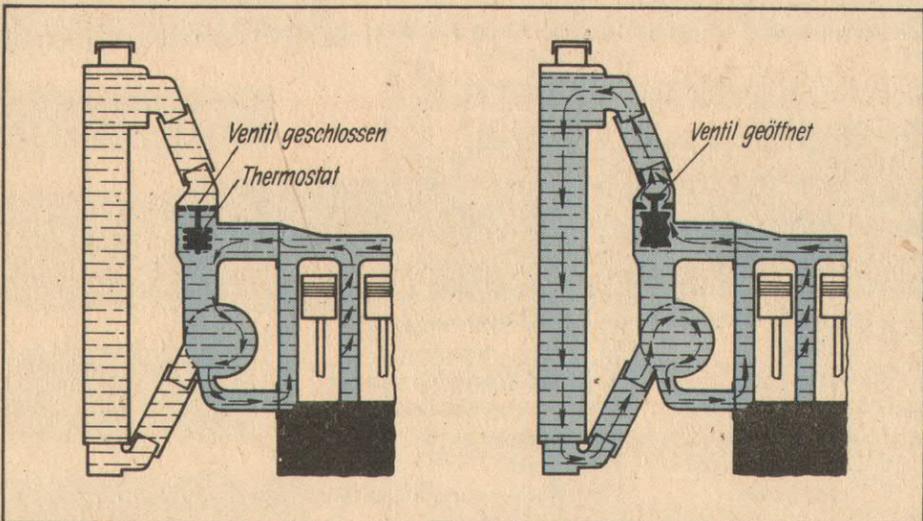


Bild 71/1 Wirkungsweise des Thermostaten im Kühlwasserkreislauf

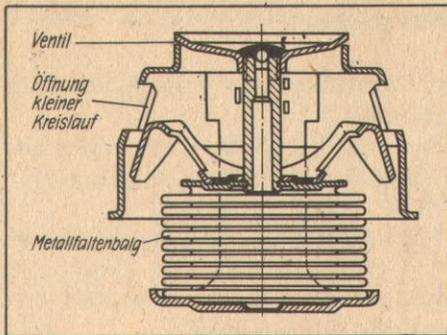


Bild 72/1 Schnitt durch ein Thermostatventil

vorhandene Thermometer ist kein Bestandteil der Regelung, es dient dem Menschen lediglich zur Information über den störungsfreien Ablauf der Regelung.

- Lassen Sie sich an einem Traktor oder LKW Ihres Einsatzbetriebes die Bauteile für den Kreislauf des Kühlwassers und den Sitz des Thermostatventils zeigen!
- Warum ist das Thermostatventil immer im oberen Teil des Kühlwasserkreislaufs eingebaut? Erklären Sie diesen Sachverhalt!
- Erkunden Sie an einem defekten Thermostatventil aus einer Werkstatt den Aufbau dieses Temperaturreglers, und vergleichen Sie ihn mit Bild 72/1!
- Bei einem Thermostatventil wird das Öffnen des Ventils durch Dampfdruck bewirkt. Durch welche Krafteinwirkung wird das Ventil wieder geschlossen?
- Erkunden Sie an einem Thermostatventil dessen Funktion, indem Sie es an einem Draht in ein Glas mit Wasser hängen, das Sie bis zum Kochen erwärmen! Durch wiederholtes Herausnehmen und Abkühlen an der Luft können Sie die Arbeitsweise im Motor nachahmen! Messen Sie die Temperatur für den Beginn des Öffnens und des Schließens!
- Überlegen Sie, bei welchen Betriebszuständen das Thermostatventil ständig geöffnet bzw. geschlossen ist! Denken Sie dabei an den Sommer- und Winterbetrieb sowie an leichte und schwere Arbeiten mit dem Traktor.

Grundbegriffe der Regelungstechnik

Grundbegriffe	■ Motorkühlung mit Thermostat
1. Regelgröße	Temperatur des Kühlwassers
2. Meßglied	Flüssigkeit im Thermostaten
3. Stellglied	Ventil des Thermostaten
4. Sollwert	80 °C Wassertemperatur
5. Istwert	Jeweilige Wassertemperatur
6. Regelabweichung	Differenz von Soll- und Istwert
7. Störgröße	Motorwärme
8. Regeleinrichtung	Thermostat
9. Regelstrecke	Vom Wasser ausgefülltes Kühlsystem des Motors

Erklärung der Grundbegriffe

Regelgröße: Die aufgabengemäß zu beeinflussende (regelnde) Größe.

Meßglied: Teil der Regeleinrichtung, der den Istwert der Regelgröße mißt.

Stellglied: Bauglied, mit dem aufgabengemäß in einen Energie- oder Massenstrom eingegriffen wird.

Der Vorgang wird Stellen genannt.

Sollwert: Gewünschter Wert der Regelgröße.

Istwert: Jeweiliger vom Meßglied erfaßter Wert der Regelgröße.

Regelabweichung: Abweichung des Istwertes der Regelgröße vom Sollwert. Aus dem Vergleich mit dem Sollwert wird der Steuerbefehl gebildet, der den Istwert an den Sollwert angleichen soll.

Störgröße: Wirkt störend auf die Regelgröße ein. Eine Regelung wird so konstruiert, daß die Störgröße aufgabengemäß ausgeregelt wird, der Istwert also immer wieder an den Sollwert herangeführt wird.

Regeleinrichtung: Teil einer Regelung, der aufgabengemäß über das Stellglied einen Energie- oder Massenstrom in der Regelstrecke beeinflusst.

Beeinflussender Teil einer Regelung.

Regelstrecke: Teil einer Regelung, in den das Stellglied eingreift und den Energie- oder Massenstrom der Regelungsaufgabe entsprechend beeinflusst. In der Strecke wird die Regelgröße gebildet, hier greift auch die Störgröße an.

Beeinflußter Teil einer Regelung.

Regeln ist ein Vorgang, bei dem der Istwert der Regelgröße ständig gemessen, mit dem Sollwert verglichen und im Sinne einer Angleichung an den Sollwert beeinflusst wird.

Der Wirkungsablauf vollzieht sich in einem geschlossenen Kreis, dem *Regelkreis*, in dem stets gemessen, verglichen und gestellt wird.

- *Vergleichen Sie die Steuerung mit einer Regelung, und stellen Sie fest, was sie gemeinsam haben und was sie unterscheidet!*

Darstellung der Regelung

Im Blockschaltplan wird eine Regelung durch Blöcke und Wirkungslinien übersichtlich dargestellt (↗ Blockschaltplan der Steuerung, S. 67).

Die Wirkungslinien zwischen den Blöcken verlaufen immer vom Meßglied über weitere Bauglieder (z. B. Regler, Stellantrieb) zum Stellglied, das den Energie- oder Massenstrom beeinflusst.

Der Energie- oder Massenstrom wird zur besseren Unterscheidung von den Wirkungslinien durch einen Hohl Pfeil dargestellt. Am Ausgang der Strecke (Spitze des Hohl Pfeils) wird durch das Meßglied der Istwert der Regelgröße gemessen. In der Regeleinrichtung wird der Istwert mit dem Sollwert verglichen und aus der Differenz (Regelabweichung) der Steuerbefehl gebildet, der an das Stellglied weitergeleitet wird. Das geschieht fortlaufend, der Wirkungsweg ist geschlossen,

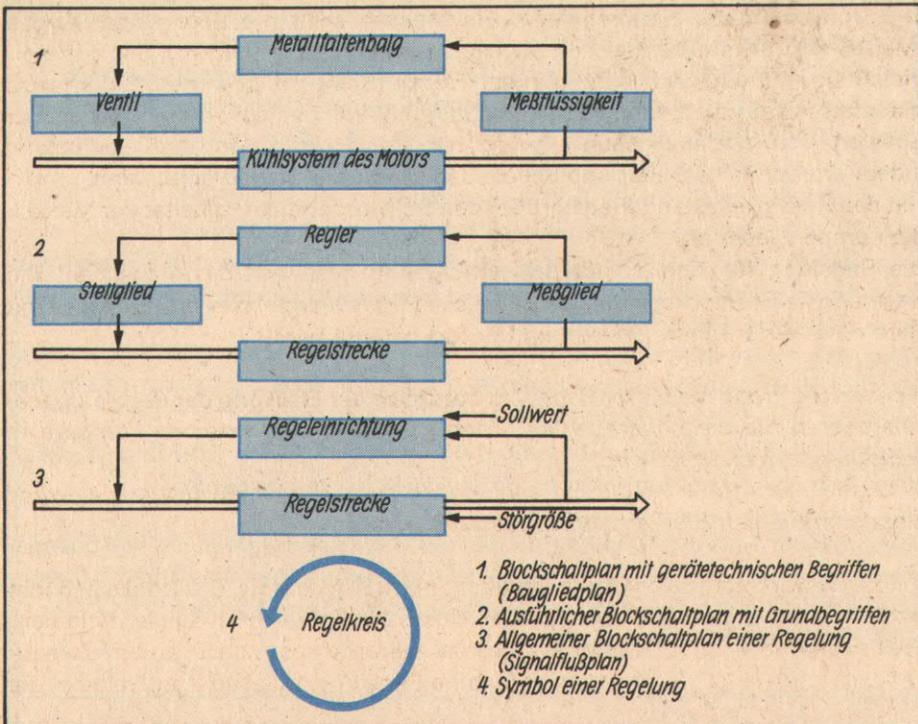


Bild 74/1 Entwicklung eines allgemeinen Blockschaltplanes der Regelung am Beispiel der Temperaturregelung des Verbrennungsmotors

weil über das Meßglied eine Rückmeldung zur Regeleinrichtung erfolgt. Der geschlossene Wirkungsweg, Regelkreis genannt, wird in der zeichnerischen Darstellung durch einen vollen Ringpfeil symbolisiert (Bild 74/1).

Weitere Beispiele für Regelungen

Selbsttätige Temperaturregelung bei luftgekühlten Motoren

Auch Verbrennungsmotoren mit einer Luftkühlung können eine Temperaturregelung mit Thermostat haben. Der Thermostat wird an einer Abluftöffnung eingebaut, mißt den Istwert der Regelgröße und steuert über ein Gestänge die Klappen an den Luftaustrittsöffnungen (↗ Bild 22/2).

- Analysieren Sie an luftgekühlten Motoren die Temperaturregelung! Entwickeln Sie dazu einen Blockschaltplan!

Flüssigkeitsstandregelung in einer Viehtränke

Regelungsaufgabe: In einer Viehtränke (Regelstrecke) ist immer ein bestimmter Wasserstand (Sollwert) zu halten, damit die Tiere ständig mit Wasser versorgt werden können. Das Wasser wird mit Hilfe einer Pumpe (Stellglied) in die Tränke gefördert.

1. Lösungsvariante: Handregelung. Ein Mensch stellt mit Hilfe seiner Augen (Meßglied) im Tränkbecken den jeweiligen Wasserstand (Istwert) fest und vergleicht ihn mit einer Markierung in der Tränke (Sollwert). In seinem Gehirn wird die Information verarbeitet (Regeleinrichtung). Wenn der Istwert niedriger als der Sollwert ist (Regelabweichung), erteilt der Mensch von Hand den Stellbefehl, indem er über Tastschalter und Schütz den Motor der Pumpe einschaltet. Hat der Flüssigkeitsstand (Regelgröße) den Sollwert erreicht, schaltet der Mensch die Pumpe wieder ab.

Die Regelung funktioniert nur bei ständiger Anwesenheit des Menschen! Die Regelung heißt *Handregelung mit elektrischer Hilfsenergie*, weil das Stellglied mit Hilfe einer elektrischen Einrichtung (Motor) betätigt wird.

- Nennen Sie Probleme dieser Regelung bezüglich der Erfüllung der Regelaufgabe!
- Analysieren Sie die Handregelung, wenn anstelle der elektrischen Pumpe eine Handpumpe verwendet wird!
- Was ist die Störgröße bei dieser Regelung, die aufgabengemäß ausgeregelt wird?
- Skizzieren Sie den Blockschaltplan dieser Regelung!

2. Lösungsvariante: Selbsttätige Regelung ohne Hilfsenergie. Die Tränke befindet sich in einer bergigen Gegend, so daß durch Anzapfen einer Quelle mit einem Rohr das Wasser frei zuläuft. Um Wasser zu sparen, da es noch für andere Zwecke benötigt wird, entscheidet man sich für eine Regelung mit einer Konstruktion, die in Bild 75/1 dargestellt ist.

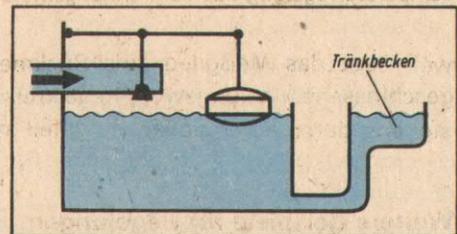


Bild 75/1 Selbsttränke

- Analysieren Sie diese Regelung, indem Sie die Grundbegriffe der Regelung auf das Beispiel anwenden! Stellen Sie die Begriffe in einer Tabelle gegenüber (↗ S. 72).
- Warum wird diese Regelung als Regelung ohne Hilfsenergie bezeichnet? (Die Temperaturregelung mit Hilfe des Thermostatventils ist ebenfalls eine Regelung ohne Hilfsenergie.)

Bild 75/1 stellt die Regelung bei erreichtem Sollwert dar. Wenn die Tiere trinken, sinkt der Schwimmer, und das kegelförmige Ventil läßt Wasser nachfließen, bis der Schwimmer beim Erreichen der gewünschten Wasserhöhe das Ventil wieder schließt.

- Überlegen Sie, woher die Kraft für das Schließen und Öffnen des Ventils kommt! Stellen Sie eine Beziehung zum Thermostatventil her, und versuchen Sie, die Herkunft der Kraft für das Schließen und Öffnen des Ventils zu ergründen!

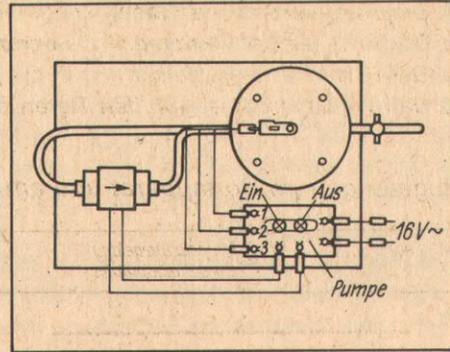
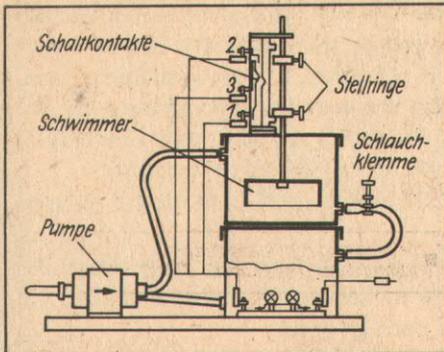


Bild 76/1 Schülerexperimentiergerät zur Flüssigkeitsstandregelung mit elektrischer Hilfsenergie (links) Ansicht von vorn (rechts) Ansicht von oben

3. Lösungsvariante: Modellversuch einer Flüssigkeitsstandregelung mit elektrischer Hilfsenergie. Die dritte Variante zur Versorgung der Tiere mit Wasser soll mit Hilfe des Schülerexperimentiergerätes Niveaustandregelung gelöst werden (Bild 76/1).

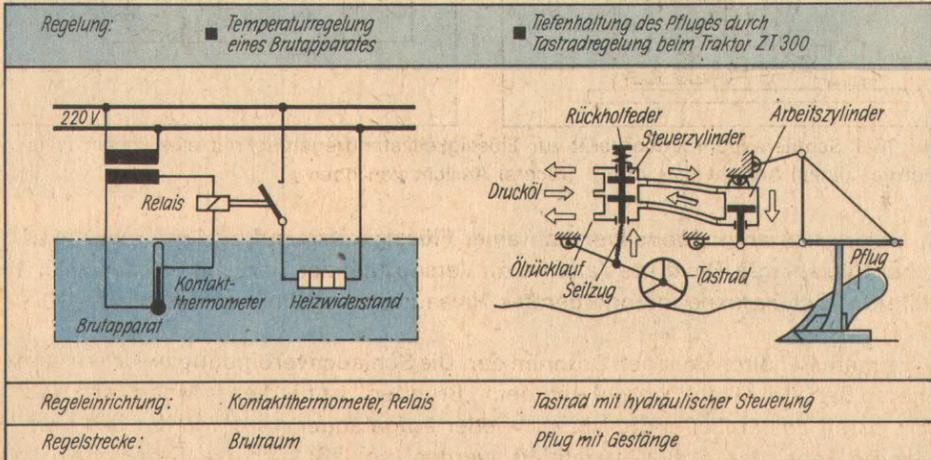
Der untere Behälter stellt den Brunnen dar. Die Schlauchverbindung zwischen dem oberen Behälter (Tränkbecken) und dem „Brunnen“ ist für dieses Modell erforderlich, damit das abfließende Wasser wieder aufgefangen wird. Mit der Schlauchklemme kann der Abfluß verändert werden, so läßt sich die Störgröße, die Wasserentnahme durch die Tiere, simulieren.

Der Sollwert wird am oberen Behälter mit einer Markierung (Klebestreifen) gekennzeichnet.

- Bauen Sie das Gerät nach der Bedienungsanleitung funktionstüchtig auf, und beobachten Sie einige Male den Ablauf der Regelung! Montieren Sie die Stellringe genau in dem Abstand, wie es aus den Abbildungen ersichtlich ist! Die Schlauchklemme wird erst geöffnet, wenn der obere Behälter gefüllt und die Pumpe abgeschaltet ist.
- Nehmen Sie nun an den Stellringen und an der Schlauchklemme Verstellungen vor, bis der Wasserstand den oberen und den unteren Rand des Klebestreifens nicht mehr überschreitet. Der Sollwert liegt genau in der Mitte des Klebestreifens! Die Regelung funktioniert normal, wenn bei geringem Abfluß die Pumpe periodisch arbeitet.
- Analysieren Sie die Regelung, und wenden Sie die Grundbegriffe (↗ S. 72) auf das Beispiel an! Entwickeln Sie den Blockschaltplan zu dieser Regelung!
- Überlegen Sie, an welchen Schlauchanschluß eine Viehtränke angeschlossen werden müßte, um die Regelungsaufgabe zu erfüllen!
- Handregelung: Entfernen Sie vom oberen Behälter den Deckel mit dem Schwimmer und das Schaltbrett. Schließen Sie die Pumpe über einen Schalter an die Leitung an, und steuern Sie nun die Pumpe über einen Schalter an die Leitung an, und steuern Sie nun die Pumpe von Hand so, daß der Sollwert bei unterschiedlich eingestelltem Abfluß angestrebt wird. Wenden Sie auch auf diese Regelung die Grundbegriffe an!
- Wie beeinflussen folgende Störungen die Erfüllung der Regelaufgabe, die Tiere ständig mit Wasser zu versorgen?

1. Die Tiere verbrauchen mehr, als die Pumpe fördern kann.
2. Der Brunnen liefert weniger, als benötigt wird.
3. Der Schwimmer ist defekt.
4. Das Tränkbecken ist von den Tieren zerstört worden.

Regelungen im Brutapparat und am Traktor



Aufgaben der Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landwirtschaft

Die BMSR-Technik ist ein wesentlicher Bestandteil der automatisierten Produktion. Sie ist eine Querschnittswissenschaft, die für alle Bereiche der Volkswirtschaft, also auch für die Landwirtschaft, die Entwicklung der Fertigungsprozesse von der Mechanisierung zur Automatisierung erforscht und weiterentwickelt. So ist es selbstverständlich, daß die Meß- und Steuergeräte und Einrichtungen für die Übertragung der Informationen in der Industrie und Landwirtschaft gleich sind. Das Wort *industriemäßige Produktion* in der Landwirtschaft läßt diesen Zusammenhang bereits erkennen.

So ist z. B. ein *Kurzzeitrelais* (Bild 78/1) geeignet, eine Beleuchtungsanlage sowie eine Belüftungsanlage zu steuern. Es stellt eine Schaltuhr dar, die sich mit Hilfe eines Elektromagneten selbst aufzieht. Das Gerät kann in einer entsprechenden Anlage die Belüftung in Gewächshäusern genauso steuern wie eine Kaltbelüftungsanlage oder eine Pumpe.

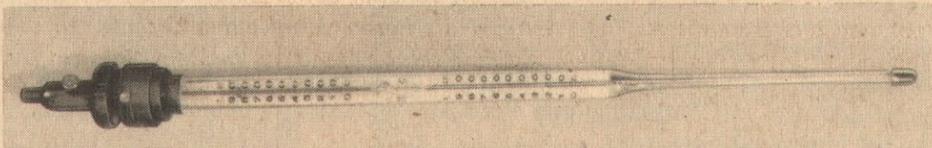


Bild 77/1 Kontaktthermometer

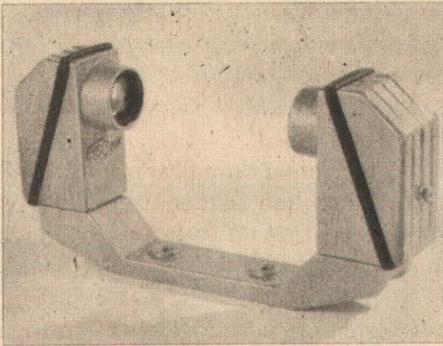
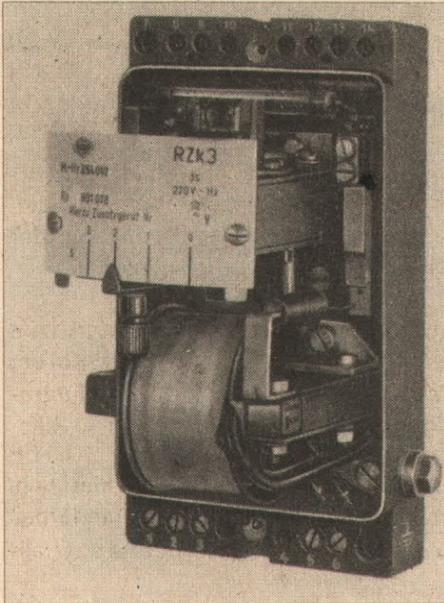


Bild 78/2 Lichtschranke mit Fotозelle

Bild 78/1 Kurzzeitrelais vom RAW Berlin-Treptow

Mit einem *Kontaktthermometer* (Bild 77/1) kann eine Temperatur geregelt werden, da es die Temperatur mißt und beim Erreichen der eingestellten Temperatur ein Heizgerät oder eine Belüftungsanlage aus- bzw. einschalten kann. Der Quecksilberfaden im Thermometer, ein elektrischer Leiter, schließt die mit der Einstellschraube eingestellten Kontakte.

● *Erkunden Sie an einer Aquarienheizung die Funktion eines Kontaktthermometers!*

Mit Hilfe der *Fotозelle* (Bild 78/2) kann z. B. ein Flüssigkeitsstand in einem Behälter (z. B. Milch), eine Straßenbeleuchtungsanlage (↗ S. 68) oder eine Fahrtreppe gesteuert werden.

Voraussetzung ist, daß Licht im Ruhezustand auf die Fotозelle fällt. Im Bild 78/2 ist die Lichtquelle (Lampe) gegenüber der Fotозelle angeordnet. Die Flüssigkeit oder der Treppenbenutzer unterbrechen den Lichtstrahl, die Zelle schaltet. Bei der Straßenbeleuchtungsanlage wirkt das Tageslicht auf die Fotозelle.

An der Kartoffellegemaschine kann mit Hilfe der Fotозelle festgestellt werden, ob der Greifer oder Teller eine Kartoffel aufgenommen hat oder nicht. Hier ist die Fotозelle so beschaffen, daß sie beim Fehlen einer Kartoffel ein Signal gibt. Der Traktorist kann dann am Aufleuchten einer Signallampe feststellen, wie oft Leerstellen entstehen, und Maßnahmen zur Beseitigung des Defektes an der Maschine einleiten.

Die Meß- und Schaltgerätetechnik ist eine wesentliche Voraussetzung für die Steuerung und Regelung von Produktionsprozessen in automatisierten Betrieben und Anlagen.

Eine automatisierte Produktion bietet folgende Vorteile:

1. Die Arbeitsproduktivität und die Qualität der Produktion werden wesentlich gesteigert.
2. Maschinen und Anlagen können bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit ausgelastet werden.
3. Der größere Gewinn kann zur Erweiterung der Produktion verwendet werden.
4. Die Menschen werden weitgehend von schwerer körperlicher Arbeit entlastet, sie können sich dafür intensiver der Leitung und Planung der Produktion, der Qualifizierung und der Gestaltung des gesellschaftlichen Lebens widmen.

- Am Beispiel eines industriellen Mastbetriebes für Geflügel sollen einige Merkmale der automatisierten Produktion erläutert werden. Ausgangsprodukte sind Küken, Futtermittel und Wasser, das Endprodukt sind hygienisch verpackte und tiefgefrorene Broiler. Für je 100 000 Tiere werden folgende Arbeitskräfte benötigt: 10 Hilfskräfte für den Transport, 7 Hauptkräfte für die Überwachung der automatischen Anlagen, 4 Kräfte für die Instandhaltung. Es ist selbstverständlich, daß hier nicht nur dreischichtig, sondern in rollender Schicht gearbeitet wird. Die Handarbeit ist weitgehend zurückgedrängt, die Arbeitskräfte sind hochqualifiziert und spezialisiert.
- Bei einer Karussellmelkanlage ist ein projektierte Durchsatz von 200 Kühen je Stunde erforderlich, um die Anlage ökonomisch auszulasten.

Die beiden Beispiele zeigen, daß, obwohl in der Landwirtschaft mit lebenden Organismen gearbeitet wird, die besondere Probleme an die Automatisierung der Produktion stellen, diese unter den Bedingungen der sozialistischen Gesellschaftsordnung gemeistert werden, um auf der Grundlage der Intensivierung der Produktion die Bedürfnisse aller Menschen ständig besser zu befriedigen.

- *Erläutern Sie an einem Beispiel die Vorteile der Automatisierung, auch unter dem Gesichtspunkt der Menschen in der Produktion!*
- *Wie wirkt sich die Automatisierung im Kapitalismus und in der sozialistischen Gesellschaftsordnung aus?*
Sammeln Sie hierzu Beispiele aus Zeitung, Rundfunk und Fernsehen!

Quellennachweis der Bilder

Bildarchiv VWV: 36/2, 53/1; Seifert, Berlin: 8/1, 23/1, 50/1, 77/1; VEB Berliner Vergaser- und Filterwerke: 21/2; VEB Elektro-Apparate-Werke, Berlin: 78/1; VEB Fahrzeugwerke Waltershausen 56/1; VEB Weimar-Kombinat: 54/2, 68/1; VEB Traktorenwerk Schönebeck: 36/1, 54/1; Weigelt, Berlin: 7/1, 7/2, 7/3, 61/1; Zentralbild, Berlin: 5/1.

Register

- Abblendlicht 56
Abgasanlage 20
Abschmieren 56
Aggregatbildungen 51
Akkumulator 46
Anbaugeräte 51
Anhängerkupplung 52, 56
Anhängerbremse 41
Anlasser 47
Arbeitsspiel 14
Auffaufbremse 41, 42
Aufsattelgeräte 51
Ausgleichgetriebe 26, 31, 34
- Ballastmassen 36
Batterie 46
Batterieumschalter 48
Bereifung 55
Betriebsbremse 34, 39, 40
Betriebssicherheit 56
Betriebstemperatur 22, 24
Blinkanlage 49
Blinkleuchten 48
Blockschaltplan der Regelung 74
Blockschaltplan einer Steuerung 67
BMSR-Technik 77
Bremsen 39, 55
Bremsleuchten 48
Bremsspiel 43
Bremstrommel 26
- Direkteinspritzung 13, 15
Doppelkupplung 26
Drehmoment 25, 26, 30
Drehstromlichtmaschinen 46
Dreigangschaltgetriebe 28
Dreigruppenschaltung 28
Dreipunktanbau 52
Druckluftbremse 40, 41
Druckluftbremsanlage 42
Druckumlaufschmierung 20
Doppelkupplung 27
- Einscheiben-Trockenkupplung 26, 27
Einspritzdüse 15, 18
Einspritzpumpe 18
Einzelradbremse 41
Einzelradlenkung 38
Endgetriebe 26, 31, 34
Energiefluß-Diagramm 22
- Fahrwerk 32
Fahrzeugbeleuchtung 48
- Fahrzeugscheinwerfer 48, 49
Feinfilter 17
Feststellbremse 39, 40
Flüssigkeitsstandregelung 74, 76
Fotozelle 68, 78
Führungssteuerung 68
- Gangschaltgetriebe 26
Gemischbildung 15
Geschwindigkeitsbereiche für einige Feldarbeiten 28
Gestängebremse 40
Getriebeschema des Traktors ZT 300 26
Gleichstromlichtmaschine 45
Großfilter 17
Gruppengetriebe 26
- Handbremse 34
Handregelung 69, 70, 75
Handsteuerung 63, 66
Hauptfilter 17
Hauptstromfilter 21
Heckzapfwelle 54
Hell-Dunkel-Grenze 56
Hinterachse 33
Hinterachse des ZT 300 34
Hydraulikanlage 52, 53
Hydraulische Bremse 40, 41, 43
- Instandhaltungsvorschriften 57
Instandsetzungen 57
- K 700/K 701 7
Knieelenkung 38
Kolben 13
Kolbenringe 13
Kontaktthermometer 77, 78
Kontrolle der Batterie 56
Kontrolle der Bremsflüssigkeit 56
Kraftstoffanlage 16
Kraftstofffilter 16
Kraftstoffkontrolle 56
Kraftstoffförderpumpe 16, 17
Kraftstoff-Stufenfilter 17
Kühlanlage 22
Kühlwasserkreislauf 24
Kupplung 26
Kupplungsspiel 28
Kurbelgehäuse 10, 11
Kurbelgetriebe 12
Kurbelwelle 13, 14, 25
Kurzzeitrelais 77, 78
- Leistung 25
Lenkradspiel 39
Lenkung 38, 55
Lenkungsarten 38
Lichtmaschine 45
- Lichtschranke mit Fotozelle 78
Licht- und Signalanlage 55
Luftanlage 19
Luftfilter 19
Luftkühlung 22, 23, 24
- Magnetfilterstopfen 21
Mechanische Bremsen 40
Mehrzylindermotoren 13
Meßglied 72, 73
Minderung des Radschlupfes 37
Motorgehäuse 10
Motorleistung 12
- Nebenstromfilter 21
Nutzungsdauer von Reifen 37
- Ölbadluftfilter 19
Öldruckbremsen 40
Ölfilterkombination 21
Ölkontrolle 56
Ölkreislauf einer Druckumlaufschmierung 21
Ölwanne 10, 11
- Papierfilter 21
Pflege der Batterie 50
Pflegegruppen für Traktoren 57
Pflege und Wartung /
— der Bremsanlage 42
— der elektrischen Anlage 49
— der Lenkung 39
Pneumatische Bremsen 40
Programmsteuerungen 68
Prüfen der Zellspannung 50
Pumpenumlaufkühlung 23
- Räder 34
Radschlupf 36
Regeleinrichtung 69, 72, 73
Regelkreis 74
Regelstrecke 69, 70, 72, 73
Regelungstechnik, Grundbegriffe 72
Regenerierung des Altöls 21, 59
Regler 48, 70
Reglerschalter 46, 47
Reibungsbremse 40, 43
Reifenpflege 37
Reiheneinspritzpumpe 18
Rotationsfilter 21
Rückstromschalter 46, 47
- Säureprüfer 50
Schaltgetriebe 28
Scheibenbremse 40
Schmieranlage 20
SchmierölfILTER 20
Schubschraubentrieb-Anlasser 47
- Selbsttätige Regelung 71, 75
Selbsttätige Steuerung 63, 66
Selbsttätige Temperaturregelung 74
Siebscheibenfilter 21
Spannungsmesser 50
Spannungsregler 46
Spurstangenlenkung 38
Spurweitenverstellung 33, 35
Steuerdiagramm 64
Steuereinrichtung 11, 65, 67, 68
Steuerkette 65, 66
Steuerprogramm der Ventilsteuerung 64
Steuerstrecke 63, 65, 67, 68
Steuerungstechnik, Grundbegriffe 65
Stollenprofilrichtung der Treibräder 36
Stufenfilter 17
- Tägliche Pflege 57
Tastradregelung beim Traktor 77
Teleskopachse 33
Temperaturregelung 71, 77
Temperatur-Verschleißdiagramm 69
Temperaturwächter, elektrischer 24
Thermostat 24
Thermostatventil 71, 72
Trägerelemente des Traktors 32
Traktorenbauformen 32
Traktorentypen, moderne 7
Treibradreifen 35, 36
Trommelbremse 40
- Übersetzungsverhältnis des Getriebes 29
Unterlast-Schaltstufe 26, 27
- Ventilspiel 12
Ventilsteuerung 12, 63, 64
Verkehrssicherheit 55
Vorderachse 33
Vorderradreifen 36
Vorfilter 17, 19
Vorspur 38
- Wartung des Getriebes 31
Wasserkühlung 23
Wasserstandskontrolle 56
- Zapfwellen 26, 53, 54
Zugkraft 30
Zylinder 10
Zylinderblock 10
Zylinderkopf 10
Zylinderlaufbuchsen 10

Kurzwort: 060907 Lehrb. ESP Trak. KI 9
Schulpreis DDR: 1,00