



Sicherung von schienengebundenen Hafenkranen gegen Abtreiben durch Wind



Bericht B 7

Ausschuß für Hafenumschlagtechnik

AHU

Hafenbautechnische Gesellschaft e. V.



HTG





INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	Vorbemerkung	5
2	Gefahren durch kritische Windgeschwindigkeiten	5
3	Ermittlung kritischer Windgeschwindigkeiten	6
3.1	Auswerten von Wettermeldungen	7
3.2	Anschluß an einen Warndienst	7
3.3	Windmessung durch den Betreiber	8
3.3.1	Zentrale Messung	8
3.3.2	Einzelmessung auf den Kranen	9
3.4	Beobachtung durch den Kranführer	9
4	Innerbetriebliche Windwarnung	10
4.1	Zentrale optische Warnung	11
4.2	Zentrale akustische Warnung	12
4.3	Zentrale Warnung durch Sprechfunk	13
4.4	Zentrale Warnung durch Telefon	14
4.5	Einzelwarnung auf den Kranen	14
5	Ausrüstung der Krane zur Sicherung gegen Abtreiben durch Wind	15
5.1	Allgemeines	15
5.2	Vorschriften	16
5.3	Die Sicherheit gegen Abtreiben durch Wind	17
5.3.1	Der Betriebszustand	17
5.3.2	Die Außerbetriebsetzung	18
5.3.3	Der Außerbetriebszustand	19

6	Halteeinrichtungen zur Übertragung der Kraft des Außerbetriebswindes vom Kran zur Kranfahrbahn	19
6.1	Hemmschuhe	20
6.2	Verriegelungen	21
6.3	Schienenzangen	23
6.3.1	Handbetätigte Schienenzangen	24
6.3.2	Kraftbetätigte Schienenzangen	25
6.4	Selbstklemmhebel	28
6.4.1	Handbetätigte Selbstklemmhebel	28
6.4.2	Kraftbetätigte Selbstklemmhebel	29
6.5	Schienenbremsen	30
6.6	Sonderausführungen	31
7	Bildteil, 29 Bilder	

1 Vorbemerkung

DIN 15019, Teil 1 "Krane, Standsicherheit für alle Krane außer gleislosen Fahrzeugkranen und außer Schwimmkranen" schreibt u.a. vor, daß Krane, welche im Freien arbeiten, ab einer bestimmten Windgeschwindigkeit außer Betrieb zu setzen und gegen Abtreiben durch Wind zu sichern sind. Sie sagt jedoch nichts darüber aus, auf welche Art und Weise oder durch welche Einrichtungen dies zu geschehen hat. In diesem Bericht wird aufgezeigt, wie die Ermittlung der Windgeschwindigkeiten erfolgen kann, welche Möglichkeiten der Windwarnung es gibt und mit welchen technischen Einrichtungen schienengebundene Hafenkranen gegen Abtreiben durch Wind gesichert werden.

2 Gefahren durch kritische Windgeschwindigkeiten

Winde, die auf Krananlagen mit einem Staudruck einwirken, der für die Sicherheit gegen Abtreiben durch Wind in und außer Betrieb kritisch ist, können sich sowohl langsam aufbauen, als auch plötzlich auftreten.

Im ersteren Fall entsteht der kritische Wind als Teil einer in der Regel meist vorhersehbaren und länger anhaltenden Wetterlage, so daß genügend Zeit bleibt, sich auf diese Situation einzustellen. In Böen und Gewittern treten kritische Winde dagegen häufig so überraschend auf, daß dadurch Mensch, Krananlage und Material gefährdet werden können.

Es sind Fälle bekannt geworden, daß Krane, die in Betrieb waren, abgetrieben wurden, mit Bremsen und Fahrwerksmotoren nicht mehr zum Stillstand zu bringen waren, auf den Pufferanschlag der Kranbahn auffuhren und umstürzten. Es haben sich auch öfter dadurch Unglücksfälle ereignet, daß ein vor einer hohen Siloanlage oder einem großen Schuppen arbeitender Kran aus dem Windschatten herausfuhr und plötzlich vom Wind erfaßt wurde. In den leichteren Fällen konnte der Kran zwar gehalten werden, die Last segelte jedoch, schlug gegen Waggons, Fahrzeuge und Anlagen und verursachte Schäden. In einem anderen Fall wurde der Kran abgetrieben und fuhr auf einen abgestellten und bereits gesicherten Kran auf. Beide Krane entgleisten und wurden schwer beschädigt.

Ein besonders schwerer Unfall ereignete sich dadurch, daß eine Verladebrücke vorübergehend vom Kranführer verlassen wurde und nicht gegen Abtreiben durch Wind gesichert war. Ein plötzlich aufkommender Wind trieb die Brücke mehrere 100 m weiter auf eine abgestellte und gesicherte andere Verladebrücke. Die Energie des Aufpralls war so groß, daß die Sicherungseinrichtungen der abgestellten Brücke die Schienen der Kranbahn aus dem Kranbahnfundament rissen. Beide Brücken kamen zum Einsturz und wurden zerstört.

Ein besonders gefährlicher Betriebszustand entsteht dann, wenn kritische Windgeschwindigkeiten überraschend auftreten, die Sicherungseinrichtungen gegen Abtreiben durch Wind am Portalfuß von Hand betätigt werden müssen und der Kranführer zu diesem Zweck das Führerhaus verlassen muß. Die Krananlage ist während der Zeit, die der Kranführer für den Weg vom Führerhaus zum Portalfuß benötigt, ungesichert und damit gefährdet. Falls der Kran während dieser Zeit abgetrieben wird, sind außerdem Gesundheit und Leben des Kranführers bedroht.

Ähnliches tritt ein, wenn der Kran nicht an jeder Stelle der Kranbahn gegen Abtreiben durch Wind gesichert werden kann. Stellt der Kranführer in diesem Fall den Betrieb zu spät ein, kann er unter Umständen den Abstellplatz für die Außerbetriebstellung nicht mehr rechtzeitig erreichen.

3 Ermittlung kritischer Windgeschwindigkeiten

Nach DIN 15019, Teil 1, sind Krane außer Betrieb zu setzen, wenn die dem Grenzstaudruck entsprechende Windgeschwindigkeit, ermittelt aus einem 10-Sekunden-Mittel, überschritten wird. Dem Standsicherheitsnachweis der Konstruktion ist eine maximal zulässige Windgeschwindigkeit zugeordnet. Sie muß bei vorhandenen Kranen dem Betreiber bekannt sein und sollte bei Neubauten vor Auftragserteilung zwischen Kranhersteller und Betreiber vereinbart werden.

Das frühzeitige Erkennen kritischer Windgeschwindigkeiten, welche die Sicherheit von Kranen gegen Abtreiben durch Wind gefährden, ist die Voraussetzung dafür, daß die Krane rechtzeitig außer Betrieb gesetzt und die Sicherungseinrichtungen eingelegt werden können. Kritische Windgeschwindigkeiten sind nicht immer aus der jeweiligen Wetterlage vorhersehbar. So treten z.B. bei Gewittern Windgeschwindigkeiten auf,

welche ungenügend oder nicht gesicherte Krane gefährden können.

3.1 Auswerten von Wettermeldungen

Die allgemeinen Wettermeldungen, die täglich von den Wetterämtern herausgegeben und durch die Medien verbreitet werden, sollten regelmäßig ausgewertet werden. Die Kranführer können dann auf geeignete Weise, z.B. durch Anschläge, auf heranziehende Schlechtwetterfronten mit voraussichtlich auftretenden kritischen Windgeschwindigkeiten hingewiesen werden.

In der Regel liefern die Wetterämter ihre Angaben über die Windgeschwindigkeit in km/h, Knoten oder Beaufort. Bild 1 zeigt den Zusammenhang zwischen den Beaufort-Graden, den verschiedenen Geschwindigkeitsdimensionen und dem dazugehörigen Staudruck. Ebenso enthält es Hinweise, wie die Windgeschwindigkeit anhand der beobachteten Windwirkung an Land abgeschätzt werden kann.

Bei der Anwendung der Tabelle ist zu beachten, daß die von den Wetterämtern gelieferten Angaben in der international festgelegten Meßhöhe von 10 m über dem Boden in freiem Gelände ermittelt werden. Die Windgeschwindigkeit nimmt jedoch mit der Höhe des Meßpunktes über dem Boden zu. Sie kann z.B. bei einem Meßpunkt in 30 m Höhe bis zu 20 % über dem in 10 m Höhe gemessenen Wert liegen. Dies kann bedeuten, daß auf einen 30 m hohen Kran bei Windstärke 8 in 10 m Höhe ein Staudruck von max. 268 N/m^2 wirkt, der obere Teil des Kranes jedoch bereits mit einem Staudruck bis zu $1,2^2 \times 268 = 386 \text{ N/m}^2$ beansprucht sein kann. Bei hohen Kranen muß daher die mit der Höhe zunehmende Windgeschwindigkeit bei der Festlegung desjenigen Windes, der zum Außerbetriebsetzen führt, berücksichtigt werden.

3.2 Anschluß an einen Warndienst

In der Bundesrepublik bestehen im Bereich der Flugsicherung und der Seewasserstraßen Windwarndienste. Es kann für den Betreiber von Kranen zweckmäßig sein, sich dieser Windwarndienste zu bedienen. Es ist zu vereinbaren, ab welcher Windgeschwindigkeit eine Warnung erfolgen soll. Die Warnung erfolgt über Fernschreiber oder Telefon. Die Wetterdienste fordern allerdings von dem Betreiber der Krane, daß die Warnungen auch nachts, an Sonn- und Feiertagen und zu Zeiten allgemeiner Betriebsruhe entgegengenommen werden.

Der Anschluß an einen Windwarndienst bietet jedoch nicht immer Sicherheit gegen örtlich entstehende Wetterlagen (Gewitter) mit kritischen Windgeschwindigkeiten. Zwar werden durch die Windwarndienste in ihrem Beobachtungsbereich entstehende Gewitter ebenfalls in die Warnung einbezogen; die Zuverlässigkeit der Angaben nimmt aber mit zunehmender Entfernung zwischen dem Standort der Krane und den Meß- und Beobachtungsstellen des Wetterdienstes ab. Dies gilt insbesondere dann, wenn zwischen diesen und den Kranen Höhenzüge (Mittelgebirge) oder andere Kleinklimascheiden liegen. In Gegenden, in denen häufig Winde mit kritischer Geschwindigkeit auftreten, genügt unter solchen Umständen der Anschluß an einen Windwarndienst nicht. Hier sind örtliche Windmessungen angebracht.

3.3 Windmessung durch den Betreiber

3.3.1 Zentrale Messung

Ergänzend zu den Wettermeldungen bzw. dem Anschluß an einen Warndienst ist es zweckmäßig, beim Betreiber im Bereich der Krane eine zentrale Windmeßanlage einzurichten, da diese die Windverhältnisse vor Ort erfaßt. Dadurch sind die Ergebnisse genauer als die Auswertung von Wettermeldungen bzw. die Angaben des Warndienstes.

Beschränkt sich der Betreiber nur auf die Installation einer zentralen Windmeßanlage, so ist kein zeitlicher Vorlauf gegeben, sondern die Windverhältnisse werden erst erkannt, wenn sie vor Ort beim Betreiber auftreten.

Es ist von Vorteil, die Auswertung von Wettermeldungen oder den Anschluß an einen Warndienst mit einer zentralen Windmeßanlage zu kombinieren.

Bei der Auswahl der zentralen Windmeßanlage ist zu entscheiden, ob nur die Windgeschwindigkeit oder, ergänzend dazu, auch die Windrichtung erfaßt werden soll.

Werden Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten gemessen, kann der Betreiber die Krane je nach Standort, Bauart, Auslegung und Windempfindlichkeit beim Umschlag zu unterschiedlichen Zeitpunkten außer Betrieb setzen.

Eine Meßanlage für die Erfassung der Windgeschwindigkeit und -richtung besteht aus dem Anemometer, der Windfahne und je einem Anzeigergerät.

Anemometer und Windfahne sollten in erforderlicher Höhe und frei von umgebenden Baulichkeiten in der direkten Umgebung auf einem Standmast montiert werden.

Das Anzeigegerät für die Windgeschwindigkeit sollte mit einer variabel einstellbaren, zweistufigen optischen und akustischen Warneinrichtung kombiniert sein. Die Einstellung der Warnstufen ist entsprechend den Konstruktionsmerkmalen der Krane und den betrieblichen Vorschriften vorzunehmen. Die kritischen Bereiche für Windgeschwindigkeit und Windrichtung können auf den Anzeigegeräten besonders markiert werden.

Die Einrichtung einer zentralen Windmeßanlage ist im allgemeinen nur sinnvoll, wenn eine entsprechend große Anzahl von Kranen betrieben wird. Die Weitergabe der Informationen an die einzelnen Kranführer ist nämlich nicht unproblematisch. Hierauf wird unter Punkt 4 "Windwarneinrichtungen" eingegangen.

3.3.2 Einzelmessung auf den Kranen

Als Alternative zu der unter Punkt 3.3.1 beschriebenen zentralen Windmessung erfolgt, insbesondere bei Großgeräten, häufig auch eine Einzelmessung auf den Kranen.

Der Vorteil gegenüber der zentralen Windmessung liegt darin, daß der Kranführer unmittelbar die herrschenden Windverhältnisse erkennen kann und es keiner weiteren Übermittlungssysteme aus der zentralen Windmessung bedarf.

Soweit zusätzlich die Auswertung von Wettermeldungen erfolgt bzw. der Anschluß an ein Warnsystem besteht, sollten die Kranführer auf jeden Fall über die bevorstehenden Wetterveränderungen informiert werden. Ausführung und Umfang der Windmeßanlage auf dem Kran entsprechen denen einer zentralen Windmeßanlage.

Anemometer und Windfahne werden üblicherweise an der Stelle des Krangerüsts installiert, an der mit der geringsten Verfälschung der Meßergebnisse zu rechnen ist.

3.4 Beobachtung durch den Kranführer

Nach UVV Krane (VBG 9) § 30 (6) "hat der Kranführer dafür zu sorgen, daß dem Wind ausgesetzte Krane bei Sturm und bei Arbeitsschluß durch die Windsicherung festgelegt sind."

Damit der Kranführer dieser Forderung nachkommen kann, muß er über den für seinen Kran kritischen Wind, die Gefahren des Angriffs kritischer Winde auf seinen Kran und die möglichen Folgen einer Fehleinschätzung belehrt werden.

Wenn keine zentrale Windwarnung oder Einrichtungen zur Einzelmessung des Windes auf den Kränen vorhanden sind, muß der Kranführer über die Erkennungsmerkmale der Auswirkungen von kritischen Winden an Land (Bild 1) unterrichtet sein. Der Kranführer muß den Kranbetrieb auf jeden Fall dann unverzüglich einstellen, wenn er anhand der Auswirkungen des Windes an Land erkannt hat, daß die kritische Windgeschwindigkeit erreicht ist und/oder wenn ein Teil des Kranes oder die Last nicht mehr einwandfrei geführt werden kann.

Auch bei zentral vorgenommener Windwarnung kann die Beobachtung des Kranführers ein unnötiges Stillsetzen von Kränen vermeiden. Einmal sind Krane je nach Bauart, Höhe und Bemessung unterschiedlich windempfindlich; zum anderen spielt der Einsatzort des Kranes eine wesentliche Rolle. So wird z.B. ein im Windschatten eines großen Speichers tätiger Kran durchaus ungefährdet arbeiten können, solange er den Windschatten des Speichers nicht verläßt, während der frei stehende und damit ungeschützte Nachbarkran stillgesetzt werden muß. Der Kranführer muß sich aber ständig seiner besonderen Situation bewußt sein, damit er nicht gedankenlos aus dem Windschatten des Gebäudes herausfährt und mit seinem Kran abgetrieben wird.

4 Innerbetriebliche Windwarnung

Zweck der Windwarneinrichtungen ist es, die Informationen an die Kranführer auf den Kränen weiterzugeben. Die zur Übermittlung dieser Informationen möglichen Systeme sind nachstehend näher beschrieben.

Es ist wesentlich, daß die unabhängig von dem gewählten Warnsystem erforderliche betriebliche Organisation eindeutig festgelegt und allen beteiligten Personen bekannt ist.

Innerbetrieblich können Windwarnungen in zwei Stufen unterteilt werden:

- Stufe 1 = Warnung
- Stufe 2 = Abschaltung

Die Stufe 1 soll dem Kranführer die bevorstehende kritische Windsituation anzeigen, während er bei der Stufe 2 den Kran stillsetzen und sichern muß.

Die maßgebenden Windgeschwindigkeiten für die Stufen 1 und 2 können je nach Bauart der Krane und der Örtlichkeit der Aufstellung unterschiedlich festgelegt werden.

Gebäuchliche Werte sind:

- Stufe 1 bei Windgeschwindigkeiten von 10,7 bis 13,8 m/s (Windstärke 6)
- Stufe 2 bei Windgeschwindigkeiten von 13,8 bis 17,1 m/s (Windstärke 7)

Wesentlich bei allen Windwarneinrichtungen und Systemen ist, daß der Kranführer die für ihn so wichtigen Informationen wahrnehmen kann.

Bei Windwarneinrichtungen kann es sinnvoll sein, optische und akustische Warnungen zu kombinieren.

4.1 Zentrale optische Warnung

Die allgemeine Windwarnung wird dem Kranführer vor Schichtbeginn durch Anschlag am Schwarzen Brett oder durch einen Handzettel mitgeteilt, während die Information zur Stillsetzung und Sicherung des Kranes durch ein Signal-Anzeigegerät, z.B. Rundumleuchte oder Sturmball an einer oder mehreren zentralen Stellen eines Bereiches erfolgt.

Von Vorteil ist der geringe Aufwand, während folgende Nachteile beachtet werden sollten:

- Der Sturmball kann bei unsichtigem Wetter und Dunkelheit nicht erkannt werden.
- Die Rundumleuchte ist bei unsichtigem Wetter und großer Entfernung nur schwer zu erkennen.
- Die Signalanzeigegeräte sind daher in entsprechend geringen Abständen zu installieren.

- Rundumleuchten können mit anderen Signalleuchten verwechselt werden.
- Der Kranführer kann während der Kranbedienung nicht ständig das Signal-Anzeigegerät beobachten.
- Der Empfang einer optischen Warnung kann in der Regel nicht durch den Kranführer bestätigt werden.

Da die aufgezeigten Nachteile gegenüber dem Vorteil überwiegen, sollten zentrale optische Zeichen möglichst nicht allein angewandt werden.

4.2 Zentrale akustische Warnung

Die zentrale akustische Warnung unterscheidet sich von der zentralen optischen Warnung nur dadurch, daß akustische Signalgeräte verwendet werden.

Als akustische Signalgeräte können eingesetzt werden:

- Sirenen
- Hupen
- Glocken
- elektronische Schallgeber

Die Anordnung dieser Geräte an einer oder mehreren zentralen Stellen eines Bereiches muß jedoch so erfolgen, daß die Wahrnehmung durch den Kranführer in jedem Fall gewährleistet ist.

Die Signale müssen sich für den Kranführer deutlich von anderen Umweltgeräuschen im Hafen abheben.

Als besonders beeinflussende Umweltgeräusche sind z.B. zu nennen:

- Der Umschlag von Rohren oder Schrott
- Das Rangieren von Waggons
- Die Warnglocken beim Verfahren von Kranen
- An Land, Schiffen oder Fahrzeugen vorhandene Hupen, Sirenen oder Glocken

In jedem Fall sollte das Warnsignal mehrmals in kurzen Abständen wiederholt werden.

Ist z.B. eine Lautsprecheranlage vorhanden, können die Warnungen im Klartext übermittelt werden.

Bei der Übermittlung der Informationen im Klartext sollte in jedem Fall ein Achtung-Signal vorangestellt werden, um den Kranführer auf die bevorstehende Durchsage hinzuweisen.

Bei der Einrichtung einer akustischen Warneinrichtung sind folgende Punkte zu beachten:

- Eine Bestätigung durch den Kranführer über den Empfang der Information ist nicht möglich.
- Das Signal kann nicht als Dauerton, sondern nur kurzzeitig gegeben werden.
- In der Nähe von Wohngebieten ist der zulässige Schallpegel in dB(A) zu beachten.

In großen und/oder mit einem hohen Schallpegel belasteten Häfen sollten akustische Warnanlagen allein nicht eingesetzt werden.

4.3 Zentrale Warnung durch Sprechfunk

Bei diesem Warnsystem muß auf jedem Kran, der diesem Warnsystem angeschlossen werden soll, ein Funkgerät installiert werden, soweit es aus betrieblichen Gründen (Betriebsfunk) nicht ohnehin vorhanden ist. Dieses System hat den wesentlichen Vorteil, daß die Durchsagen im Klartext erfolgen können und eine Empfangsbestätigung durch den Kranführer möglich ist.

Da der Empfang der Durchsagen in jedem Fall gewährleistet sein sollte, müssen hochwertige Funkgeräte eingesetzt werden. Hierdurch kann die Anwendung dieses Systems, falls nicht schon entsprechende Geräte vorhanden sind, sehr aufwendig werden. Bei UKW-Sprechfunkgeräten ist zu unterscheiden zwischen Geräten mit oder ohne Selektivruf und Simplex- (Wechselsprechen) oder Duplex- (Gegensprechen) Betrieb.

Ist kein Selektivruf vorgesehen, so müssen die Geräte ständig offen, d.h. auf Empfang geschaltet sein.

Bei Einrichtung mit Selektivruf brauchen die Geräte nicht ständig auf Empfang geschaltet zu sein, jedoch sollte für alle Geräte ein einheitlicher Selektivruf verwendet werden.

Da der Kranführer nicht ständig an seinem Platz ist, ist es zweckmäßig, den Anruf mit einer Kontrollleuchte zu kombinieren, damit der Kranführer nach seiner Rückkehr über den erfolgten Anruf informiert wird und rückfragen kann.

Beim Simplex-Betrieb ist zu beachten, daß jeweils nur ein Sprechweg (1 Frequenz) benutzt werden kann, während beim Duplex-Betrieb zwei Sprechwege möglich, aber auch zwei Frequenzen erforderlich sind.

KW-Sprechfunkgeräte sind aufgrund ihrer geringen Reichweite und Übertragungsqualität weniger geeignet.

Alternativ zu den UKW-Sprechfunkgeräten können auch Personenrufgeräte eingesetzt werden. Hier unterscheidet man zwischen solchen mit einfachem Sprechweg und solchen mit Rücksprecheinrichtung. Da die Empfangsbestätigung durch den Kranführer sehr wesentlich ist, sollten nur Geräte mit Rücksprecheinrichtung verwendet werden.

4.4 Zentrale Warnung durch Telefon

Soweit aus anderen Gründen auf den Kranen Fernsprechapparate installiert und mit der Fernsprechzentrale verbunden sind, können diese, analog der Warnung durch Funk, eingesetzt werden.

Bei einer größeren Zahl von Kranen ist nachteilig, daß die Kranführer nicht, wie beim Funk, gleichzeitig angesprochen werden können, sondern nacheinander angerufen werden müssen. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür ist, daß in der Warnzentrale des Betreibers ein Kraneinsatzplan vorliegt, um Kenntnis über die in Betrieb befindlichen Krane zu haben. Für das gleichzeitige Erreichen aller Kranführer besteht die Möglichkeit einer Konferenzschaltung.

In jedem Fall muß der Kranführer der Warnzentrale bestätigen, daß er die Warnung verstanden hat.

4.5 Einzelwarnung auf den Kranen

Hierfür wird auf jedem Kran eine wie unter Punkt 3.3.1 beschriebene Windmeßanlage installiert.

Durch Beobachtung der oder des Anzeigegegeräte(s) ist der Kranführer ständig über die momentan herrschenden Windverhältnisse unterrichtet. Somit kann er je nach Einsatzort den Zeitpunkt der Stilllegung des Kra-

nes unter Berücksichtigung der festgelegten Windgeschwindigkeit individuell vornehmen.

Ist ein Kran mit handbestätigten Sicherungseinrichtungen gegen Abtreiben durch Wind ausgerüstet, so ist es zweckmäßig, im Bereich des Kran-aufstieges eine optische Anzeige zur Erkennung der Windsituation vor Inbetriebnahme des Kranes zu installieren. Ist eine solche Anzeige nicht vorhanden, kann sich der Kran nach dem Lösen von z.B. handbetätigten Schienenzangen durch die herrschenden Windverhältnisse in Bewegung setzen und abgetrieben werden.

5 Ausrüstung der Krane zur Sicherung gegen Abtreiben durch Wind

5.1 Allgemeines

Alle im Freien aufgestellten Krane müssen so ausgerüstet sein, daß sie bei sachgemäßer Handhabung durch Wind nicht abgetrieben werden können. Folgende drei Fälle werden hier behandelt:

Der Betriebszustand, während welchem der Kran arbeitet, auch wenn er zugleich dem Wind ausgesetzt ist,

die Außerbetriebsetzung, während welcher der Kran nach dem Betriebszustand stillgesetzt und gegen Abtreiben durch Wind gesichert wird,

der Außerbetriebszustand, während welchem der Kran unbewacht Stürmen und Orkanen ausgesetzt sein kann.

Stets wird angenommen, daß der Wind horizontal aus beliebiger Richtung auf den Kran treffen kann. Auf jedes vom Wind getroffene Teil des Kranes wirkt eine Windkraft, der das Teil standhalten muß. Die Größe der Windkraft hängt einerseits von den geometrischen Abmessungen und von der Form des Teiles, andererseits vom Staudruck des Windes ab.

Alle Teilwindkräfte zusammen ergeben die auf den Kran wirkende gesamte Windkraft. Sie ist mit guter Näherung proportional dem Quadrat der Windgeschwindigkeit und muß vom Tragwerk des Kranes aufgenommen und in die Kranbahn abgeleitet werden.

Daraus ergeben sich drei Arten der Gefährdung durch Wind:

- a) Überbeanspruchung oder Versagen einzelner Kranteile
- b) Umkippen des Kranes
- c) Abtreiben des Kranes auf seiner Bahn

Im folgenden wird nur die Gefährdung nach c) behandelt:

5.2 Vorschriften

DIN 1055, Teil 4,

"Lastannahmen für Bauten, Verkehrslasten, Windlasten nicht schwingungsanfälliger Bauwerke".

DIN 1055, Teil 45,

"Lastannahmen für Bauten, Verkehrslasten, Aerodynamische Formbeiwerte für Baukörper".

DIN 15018, Teil 1

"Krane, Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung".

DIN 15019, Teil 1,

"Krane, Standsicherheit für alle Krane außer gleislosen Fahrzeugkranen und außer Schwimmkranen".

Als Teil der Standsicherheit wird in DIN 15019, Teil 1, die Sicherheit der Krane gegen Abtreiben durch Wind behandelt. Nach dieser Norm darf für den Betriebszustand den Berechnungen ein anderer Staudruck zugrunde gelegt werden, als er in DIN 15018, Teil 1, genannt ist. Der in DIN 15018, Teil 1, aufgeführte rechnerische Staudruck beträgt 250 N/m^2 . Wird ein anderer Wert benutzt, so ist er zwischen Kranhersteller und Betreiber zu vereinbaren.

Von der Möglichkeit, den rechnerischen Staudruck zu ermäßigen, sollte bei Kranen in Häfen nicht Gebrauch gemacht werden. Bei Kranen, die besonders dem Wind ausgesetzt sind, kann eine Erhöhung des rechnerischen Staudruckes zweckmäßig sein. Dies gilt z.B. für Krane, die unmittelbar an der Küste aufgestellt werden sollen.

DIN 15019, Teil 1, befaßt sich auch mit dem Übergang vom Betriebszustand zum Außerbetriebszustand. Sie schreibt vor, daß Krane dann außer Betrieb zu setzen sind, wenn die dem Grenzstaudruck q_0 entsprechende Windgeschwindigkeit, ermittelt aus einem 10-Sekunden-Mittel, überschritten wird. Dabei gilt:

$$q_0 \leq q - 30\sqrt{t}$$

Hierbei bedeutet:

- q_0 = Grenzstaudruck in N/m^2
- q = Rechnerischer Staudruck in Betrieb, der der Kranberechnung zugrunde liegt, meist $250 N/m^2$
- t = Zeit in Minuten vom Überschreiten des Grenzstaudruckes bis zum Abschluß der Sicherheitsmaßnahmen, d.h. bis zum Außerbetriebzustand.

Für die Auslegung der Kranantriebe sind die Werte q_0 und q ebenfalls wichtig. Es wird nämlich vorgeschrieben:

Kranbewegungen müssen in jeder Richtung mit der Nennleistung ihrer Antriebe bei dem Grenzstaudruck q_0 , mindestens aber bei dem 0,6-fachen Wert des rechnerischen Staudruckes q gewährleistet sein.

Die größten übertragbaren Momente der Antriebe einschließlich der Bremsen müssen mindestens den Wirkungen des rechnerischen Staudruckes q entsprechen.

Die Sicherheit gegen Abtreiben durch Wind ist nach DIN 15019, Teil 1, wie folgt nachzuweisen:

Für den Betriebszustand mit dem einfachen Betriebswind,

für den Außerbetriebzustand bei Sturm mit dem 1,2-fachen Staudruck nach DIN 1055, Teil 4 (Außerbetriebswind).

Ein besonderer Absatz in DIN 15019, Blatt 1, schreibt vor, daß für Schienenzangen die benötigte Handkraft höchstens 300 N betragen darf.

5.3 Die Sicherheit gegen Abtreiben durch Wind

5.3.1 Der Betriebszustand

Meist ist es ausreichend, nur einen Teil der Kranlaufräder anzutreiben und zu bremsen, um einen sicheren und vorschriftsmäßigen Kranbetrieb zu gewährleisten.

Da Antriebs- und Bremskraft zwischen Rad und Schiene durch Reibung übertragen werden müssen, sind diese durch den Raddruck und die Reibungszahl begrenzt. Ungebremste Räder wirken lediglich durch ihren Fahrwiderstand dem Wind entgegen. Es müssen mindestens so viele Räder angetrieben werden, daß die Summe der Antriebskräfte größer ist als die in Schienen-

richtung wirkende Windkraft plus die Fahrwiderstände nicht angetriebener Räder. Es müssen mindestens so viele Räder gebremst werden, daß die Summe aller Bremskräfte und Fahrwiderstände größer als die gesamte in Schienenrichtung wirkende Windkraft ist. Es ist dabei zu beachten, daß die größte Bremskraft eines Rades stets der vertikalen Radlast proportional ist. Durch die Windkraft werden die vorhandenen vertikalen Radlasten verändert.

Die Bremsen müssen aber nicht nur den Kran gegen Abtreiben sichern, sondern ihn auch aus voller Fahrgeschwindigkeit abbremesen. Dabei kann der Betriebswind gegen oder mit der Fahrtrichtung blasen oder es kann Windstille herrschen.

In all diesen Fällen darf die Bremsverzögerung nicht zu groß und nicht zu klein sein. Wählt man als Staudruck für den Betriebswind 250 N/m^2 , so sind die Fahrwerke von Hafenkranen ohne Sondermaßnahmen meist leicht beherrschbar. Große Staudrucke für den Betriebswind (ab ca. 350 N/m^2) können erfordern, daß Bremskräfte von Windrichtung, Fahrtrichtung und Windgeschwindigkeit abhängig gesteuert werden müssen. Derartige Sondereinrichtungen sollten vermieden werden.

5.3.2 Die Außerbetriebsetzung

Bei aufkommendem Wind ist der Kran so rechtzeitig stillzusetzen, daß der rechnerische Betriebsstaudruck q in der Regel erst nach Abschluß dieser Arbeit erreicht wird. Der Grenzstaudruck q_0 , bei dessen Überschreitung mit der Außerbetriebsetzung spätestens begonnen werden muß, hängt von der hierfür notwendigen Zeit ab.

Diese Zeit kann vor Ort leicht festgestellt werden. Sie setzt sich zusammen aus diversen Teilzeiten, z.B.:

- a) Zeit, die vergeht, bis der Kranführer bei aufkommendem Wind vom Erreichen des Grenzstaudruckes q_0 erfährt.
- b) Zeit, die der Kranführer zum Absetzen und Abschlagen etwa vorhandener Last braucht.
- c) Zeit zum Fahren des Kranes an besondere Stellen der Kranbahn, falls dieser nur dort gegen Abtreiben gesichert werden kann.
- d) Zeit, die der Kranführer braucht, um evtl. Teile des Kranes (Ausleger) in die für den Außerbetriebszustand vorgeschriebene Lage zu bringen.

- e) Zeit, die der Kranführer braucht, um die Kranführerkabine zu verlassen und Schienenzangen oder ähnliche Einrichtungen einzulegen.

Einen Teil dieser Zeiten kann man durch richtige Wahl der technischen Einrichtungen auf ein Minimum reduzieren, ein anderer Teil läßt sich ganz vermeiden.

Die Zeit nach a) läßt sich vermeiden, wenn am Kran ein Anemometer mit Anzeige oder Warnsignal im Führerhaus vorhanden ist.

Die Zeit nach c) läßt sich vermeiden, wenn der Kran mit Schienenzangen oder ähnlichen Vorrichtungen versehen ist, die an jeder Stelle der Kranbahn eingelegt werden können.

Die Zeit nach e) läßt sich vermeiden, wenn die Sicherungseinrichtung vom Führerhaus ferngesteuert eingelegt werden kann oder besser automatisch eingelegt wird, wenn der Kranschalter ausgeschaltet wird.

Daraus geht klar hervor, daß die Verfügbarkeit der Krane bei Wind wesentlich von ihrer technischen Ausrüstung abhängt. Dazu gehört auch eine ausreichende Bemessung der Antriebe.

5.3.3 Der Außerbetriebszustand

Die Kraft des Außerbetriebswindes ist in aller Regel so groß, daß nur besondere Einrichtungen in der Lage sind, den Kran vor dem Abtreiben zu bewahren. Hierfür werden die unter Punkt 6 beschriebenen Halteeinrichtungen verwendet. Die vorhandenen Kranbremsen und Fahrwiderstände dürfen zum Nachweis der Abtreibsicherheit mit herangezogen werden. Von den Halteeinrichtungen werden meist jeder Kranschiene die gleiche Anzahl zugeordnet. Nur wenn eindeutig festliegt, daß an einer der beiden Schienen ein besonders großer Teil des Windschubes aufgenommen wird, kann davon abgewichen werden.

6 Halteeinrichtungen zur Übertragung der Kraft des Außerbetriebswindes vom Kran zur Kranfahrbahn

Nachfolgend werden eine Reihe von Halteeinrichtungen zur Sicherung von Kranen gegen die Kraft des Außerbetriebswindes beschrieben. Es handelt sich hierbei um Einrichtungen, die bei vorhandenen Kranen benutzt werden.

6.1 Hemmschuhe

Eine der ältesten Einrichtungen zur Sicherung von Kranen gegen Abtreiben durch Wind sind die in vielen Bauarten bekannten Hemmschuhe. Ihre Brauchbarkeit ist jedoch begrenzt, weil ihre Haltekraft klein ist und weil sie jeweils nur in einer Richtung wirken. Sie werden aber bei Hafenkranen nur noch benutzt, wenn der statische Nachweis geführt werden kann und betriebliche Erfordernisse nicht entgegenstehen.

Zum Sichern eines Kranes werden meist insgesamt vier Hemmschuhe verwendet, davon zwei Stück je Kranschiene und dort jeweils ein Stück für jede der beiden Fahrtrichtungen. Nach Betriebsschluß werden die Hemmschuhe jeweils vor ein Rad gelegt. Eine Ausführungsform zeigt Bild 2. Wenn das Rad zum Hemmschuh hin abgetrieben wird, steigt es auf der Zunge des Hemmschuhes nach oben, bis der Radaufstandspunkt sich auf dem waagrechten Teil der Sohle befindet. Dort wird das Rad durch Anschlag am Hemmschuhbock an einer weiteren Rollbewegung gehindert. Eine Weiterbewegung ist jetzt nur noch möglich, wenn der Hemmschuh auf der Schiene rutscht.

Die maximale Haltekraft in Schienenrichtung ist also

$$H = R \cdot \mu;$$

mit der vertikalen Radlast R und dem Reibwert $\mu = 0,14$ zwischen Schienenkopf und Hemmschuh. Der Winkel der Zunge des Hemmschuhes muß kleiner als der Reibungswinkel zwischen Sohle und Schiene sein.

Mit

$$\alpha = \text{artg } \mu = \text{artg } (0,14) \approx 8^\circ;$$

ist gewährleistet, daß der Hemmschuh nicht vor dem Rad hergeschoben wird.

Eine andere Bauart zeigt Bild 3. Dort schließt an die keilförmige Spitze des Hemmschuhes ein der Krümmung des Laufrades angepaßter Kreisbogen an.

Es ist zweckmäßig, Hemmschuhe am Kran unverlierbar, z.B. mittels Kette, zu befestigen.

In Bild 4 ist der Hemmschuh in einem Fahrschemel integriert und kann mit dem dargestellten Hebel leicht betätigt werden.

Die Reibungsflächen der Hemmschuhe dürfen, um eine genügende Reibung zu gewährleisten, nicht lackiert sein.

Die erforderlichen dünnen Zungenspitzen werden hochbelastet und müssen deshalb häufig geprüft und ggf. erneuert werden.

Neben dem Schienenkopf ist für Hemmschuhe nur wenig Platz erforderlich. Bei geeigneter Konstruktion wird nicht mehr Raum beansprucht, als für die Spurkränze der Laufräder sowieso nötig ist. Deshalb finden Hemmschuhe häufig dort Anwendung, wo die Kranschienen fast ganz in der Kaioberfläche eingebettet sind. Auch bei Rillenschienen sind Hemmschuhe anwendbar.

6.2 Verriegelungen

Verriegelungen sind ihrer Bauart nach einfache und wirkungsvolle Einrichtungen zum Sichern gegen Abtreiben durch Wind. Meist wird ein runder Bolzen als Riegel benutzt. Nahe der Kranfahrbahn wird dieser vertikal - seltener horizontal und quer zur Fahrtrichtung - im Krangestell angeordnet und achsial verschieblich gelagert.

An der Kranfahrbahn werden ein oder mehrere Aufnahmeeinrichtungen vorgesehen, in die ein Ende des Riegels eingeschoben werden kann, um den Kran gegen Abtreiben zu sichern.

Die Haltekraft wird hier also formschlüssig übertragen. Diesem Vorteil steht der Nachteil gegenüber, daß mit Verriegelungen ausgerüstete Krane nur an denjenigen Stellen der Kranbahn gegen Abtreiben gesichert werden können, welche die genannten Aufnahmeeinrichtungen haben. Verriegelungen werden meist unmittelbar von Hand betätigt.

Wegen ihrer Einfachheit werden Verriegelungen manchmal zusätzlich zu anderen Sicherungseinrichtungen, wie Schienenzangen oder Schienenbremsen, am gleichen Kran verwendet. Bei längeren Betriebspausen, z.B. Reparaturarbeiten, können große Krane so doppelt gesichert werden. Jede der beiden Sicherungseinrichtungen ist für die volle Abtreibkraft zu bemessen.

Eine Ausführungsform zeigt Bild 5. Dort ist der Riegelbolzen vertikal und neben der Kranschiene angeordnet. Dazu ist ein stabiler, torsionssteifer Bock am eigentlichen Krangestell angehängt. Der Bolzen ist mit einem Griff versehen. In der gezeichneten, verriegelten Lage wird ein Endschalter betätigt. Dieser verhindert das unbeabsichtigte Einschalten des Kranfahrwerkes, wenn der Bolzen nicht ganz ausgerückt ist. Anschlüsse für ein Vorhängeschloß erlauben, den Bolzen in der verriegelten Stellung abzusperrern. Durch die Konstruktion des Bolzengriffes und

der Anschlüsse für das Vorhängeschloß kann man nach dem Einlegen leicht erkennen, ob sich der Bolzen ganz unten befindet. Dies ist jeweils zu prüfen, weil es für eine einwandfreie Funktion des Bolzens notwendig ist und weil sich in der Aufnahmeeinrichtung für das untere Bolzenende leicht Unrat ansammeln kann. Die Bolzenführung hat zwei verschieden lange Schlitze. Im Bolzen ist eine Schraube befestigt, deren Schaft in die Schlitze paßt. In der gezeichneten Stellung sorgt diese Anordnung dafür, daß der Griff nicht verdreht werden kann und immer den Endschalter drückt. Zum Öffnen wird der Griff angehoben und um 90 Grad gedreht, so daß die Schraube in den kürzeren Schlitz einrastet und der Bolzen in geöffneter Stellung gehalten wird. Diese Schraube verhindert auch, daß der Bolzen vom Kran entfernt werden kann, weil er sich nur so weit anheben läßt, bis die Schraube an der oberen Bolzenführung anstößt.

Die Öffnung in der Aufnahmeeinrichtung am Kai für das untere Ende des Bolzens muß wegen des Spurkranzspieles der Laufräder und der elastischen Formänderung des Krangestells quer zur Kranschiene größer (im Mittel 20 - 30 mm) als der Bolzendurchmesser sein, damit der Bolzen in allen Fällen eingelegt werden kann.

Parallel zur Kranschiene muß diese Öffnung aus mehreren Gründen ziemlich lang sein. So ist die Genauigkeit, mit der der Kran an einen bestimmten Punkt der Kranbahn gesteuert werden kann, beschränkt. Wegen des Spurkranzspieles kann auch das Kranfahrgestell um einen kleinen Winkel schräg zur Kranschiene stehen. Auch bei größtmöglicher Schrägstellung müssen die Riegel beider Seiten eingelegt werden können.

Die Aufnahmeeinrichtungen für die Bolzen sind an der Fahrbahn so zu befestigen, daß die Haltekraft sicher abgeleitet wird. Sie müssen so gestaltet sein, daß Wasser abfließen kann.

Eine andere Ausführungsform ohne Endschalter und ohne Schloß zeigt Bild 6. Bei dieser sind auf beiden Seiten der Kranbahn Einrichtungen zur Aufnahme der unteren Riegelenden mit je vier Langlöchern angeordnet. Am Kran kann der Riegelbolzen wahlweise in eine von drei Lagerstellen eingesteckt werden. Die mittlere dient zum Aufbewahren des Bolzens im entriegelten Zustand. Die beiden anderen Lagerstellen eignen sich zur wahlweisen Verriegelung des Kranes links oder rechts der Schiene. Die Langlöcher sind in Schienenrichtung gegeneinander versetzt. So kann der Bolzen auf der ganzen Strecke der Langlöcher in mindestens eines derselben eingesteckt werden.

Bei großen Haltekraften und/oder bei größeren Abständen zwischen der Bolzenlagerung und der Aufnahmeeinrichtung am Kai für das Bolzenende werden die Bolzengewichte größer. Es ist dann zweckmäßig, ein Hebelgestänge mit entsprechender Kraftübersetzung vorzusehen, damit die Handkraft nicht zu groß wird.

Eine solche Anordnung zeigt Bild 7. Die hier gezeigte Verriegelung ist mit Endschalter ausgestattet. Zum Halten des Bolzens in der oberen Lage ist ein Vorstecker vorhanden, der gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert ist.

Im Bild 8 ist am Kran ein horizontaler Verriegelungsbolzen gelagert. Neben der Schiene ist eine durchlaufende Leiste mit Langlöchern vorhanden. Mit dieser Vorrichtung kann man den Kran nur dort sichern, wo man den Bolzen in eines der Langlöcher schieben kann. Man ordnet deshalb jeder Kranschiene zwei Bolzen zu. Wählt man den Abstand und die Länge der Löcher geeignet, so paßt an jeder Stelle der Kranbahn mindestens ein Bolzen in ein Langloch. Dieser eine der beiden Bolzen wird zur Sicherung benutzt. Ein Nachteil der in Bild 8 gezeigten Anordnung ist die durchlaufende Lochleiste, die über die Schienenhöhe hinausreicht, als Stolperkante wirkt und den Querverkehr von Fahrzeugen behindert. Auf Kaiflächen ist diese Ausführungsform deshalb weniger geeignet.

Bisher sind Verriegelungsbolzen fast ausnahmslos von Hand betätigt worden. Durch Kraftbetätigung der Bolzen und Fernsteuerung der Bolzenbewegung durch den Kranführer könnte man die notwendige Zeit für die Außerbetriebsetzung des Kranes verkürzen.

6.3 Schienenzangen

Jede Schienenzange hat zwei Hebel. Diese drücken je auf eine Seite des Kranschielenkopfes. Die Anpreßkraft wird von Hand, durch Federn oder seltener durch Gewichtskraft erzeugt. Die Reibung zwischen dem Schienenkopf und den Zangenhebeln bestimmt die Haltekraft der Zangen. Durch diese Anordnung haben mit Schienenzangen ausgerüstete Krane den Vorteil, daß sie an jeder Stelle der Kranbahn abgestellt und gesichert werden können. Ihr Nachteil besteht darin, daß sie nur dort einsetzbar sind, wo neben dem Schienenkopf genügend Platz für die Zangenhebel vorhanden ist.

6.3.1 Handbetätigte Schienenzangen

Einfache Schienenzangen werden von Hand eingelegt und gelüftet. Eine der möglichen Ausführungsformen zeigt Bild 9. Die beiden Zangenhebel bestehen hier aus je zwei parallelen, dicken Stahlblechen (1), die mit Abstandhalteblechen (2) zu einer Einheit verschweißt sind. Am unteren Ende sind auswechselbare Stahlklötze (3) eingeschraubt, mit denen die Zangenhebel gegen den Schienenkopf drücken. Wenig über diesen Klötzen sind die beiden Hebel mittels zweier Bolzen (4) und der Doppelzuglasche (5) gelenkig verbunden. An den oberen Enden der Hebel sind Gewindeklötze (6) gelagert, die ebenso wie die Spindel (7) auf einer Seite ein selbsthemmendes Links-, auf der anderen Seite ein Rechtsgewinde haben. Durch Drehung des auf der Spindel (7) befestigten Handrades (8) können die untersten Enden der Zangenhebel an den Schienenkopf gepreßt oder von dort weg bewegt werden.

Bei der im Bild 9 gezeigten Zange hängt, wie bei vielen handbetätigten Schienenzangen, die zuverlässige Wirkung davon ab, ob die Zangenhebel mit genügender Kraft an den Schienenkopf gepreßt werden. Ein Teil der dazu am Handrad aufgebrachten Kraft geht durch Reibung an der Spindel und den diversen Gelenken verloren.

Oft ist es zweckmäßig, die Schienenzange nicht nur zu lüften, sondern sie auch über die Oberkante der Kranschiene hochzuheben, um die Gefahr zu beseitigen, daß Zange und Kranfahrbahn bei der Fahrbewegung kollidieren und möglicherweise beschädigt werden. Außerdem muß die Zange quer zur Schiene mindestens so weit frei gegenüber dem Krangestell beweglich sein, als beim Einlegen der Zange die Gestellmittelachse (9) von der Schienenmitte im Grundriß abweichen kann. Dieses Maß wird meist durch die Differenz zwischen dem lichten Abstand der Laufradspurkränze und der Schienenkopfbreite bestimmt. In Bild 9 übernimmt der Hebelmechanismus (10) zusammen mit den beiden lose im Gehäuse (11) befindlichen Führungsstücken (12) diese Aufgaben. Das Gehäuse (11) ist am Krangestell (13) angeschraubt. Die in Schienenrichtung wirkende Haltekraft der Schienenzangenhebel wird von diesen über die Doppelzuglasche (5) in das Gehäuse (11) und von dort zum Krangestell (13) übertragen.

In Bild 9 ist ein Endschalter (14) gezeichnet. Dieser wird gedrückt, wenn die Zange ganz offen und ganz hochgehoben ist. Erst dann kann das Fahrwerk eingeschaltet werden. Zange und Fahrwerk werden so gegen falsche Handhabung geschützt.

Die in Bild 10 gezeigte Zange kann nicht angehoben werden und ihre gelüftete Stellung ist nicht durch Endschalter überwacht. Eine Einrichtung zeigt an, ob die Anpreßkraft der Zangenhebel gegen den Schienenkopf ausreicht. Hierzu wird über Tellerfederpakete die Spreizkraft am oberen Ende der Zangenhebel gemessen. Angezeigt wird der Federweg.

In Bild 11 ist eine ähnliche Zange wie bei Bild 9 dargestellt, jedoch ist die Führung der Zange beim Schließen und Senken bzw. Öffnen und Anheben einfacher.

6.3.2 Kraftbetätigte Schienenzangen

Eine Reihe von kraftbetätigten Schienenzangen wird durch elastische Federn oder Gewichte geschlossen. Diese werden verwendet, weil ihre Energien zuverlässiger als z.B. elektrische Energie zur Verfügung stehen. Dagegen werden sie stets elektromotorisch oder elektrohydraulisch gelüftet.

Eine mögliche Ausführungsform zeigt Bild 12. Dort sind drei Einzelzangen mit insgesamt sechs Zangenhebeln (1) in einem gemeinsamen Rahmen (2) gelagert. Der Rahmen besitzt zwei eigene Laufräder (3). Diese haben je zwei Spurkränze, deren lichter Abstand nur wenige Millimeter größer als die Schienenkopfbreite ist. Dadurch werden Rahmen (2) und Zangen exakt über der Schiene geführt. Um das seitliche Kippen des Rahmens zu vermeiden, ist er in der Nähe seiner Oberkante seitlich geführt (4).

Die selbst fahrbare Windsicherung ist mit dem Gestell (5) des Kranes zug- und druckfest, aber quer zur Schiene beweglich verbunden. Jede Zange wird durch zwei Tellerfederpakete (6) geschlossen, die durch eine gemeinsame Achse (7) geführt werden. Die Mitte der Achse (7) ist durch ein Blech des Rahmens (2) gehalten. Die oberen Enden der zwei Hebel je einer Zange sind durch einen Hydraulikzylinder (8) verbunden. Dieser bewirkt das Öffnen der Zange, zusammen mit einem nicht gezeichneten Hydraulikaggregat. Neben jedem Zylinder (8) sind je zwei Zuglaschen (9) angeordnet, die den Zylinderhub begrenzen und Endschalter tragen, die nicht gedrückt sind, wenn die Zange ganz geöffnet ist. Die Zangenhebel (1) haben bei dieser Zange keine eigenen einschraubbaren Backen, die gegen die Schiene drücken. Darauf ist hier bewußt verzichtet, damit der erforderliche Raum neben dem Schienenkopf besonders klein ist.

Meist kann die in Bild 12 gezeichnete Zange ohne die nachfolgend beschriebene Zusatzausrüstung betrieben werden. Manchmal müssen aber enge Gleisbögen durchfahren werden. Die Kranschiene wird auch hin und wieder von anderen Schienen gekreuzt. An diesen Stellen ist oft neben dem Kranschielenkopf zu wenig Platz für die Zangenhebel (1). Eine besondere Einrichtung erlaubt dann, den Rahmen (2) so weit hochzuheben, daß alle Teile wenige Zentimeter über der Schienenoberkante sind. Dies besorgt ein Hydraulikzylinder (10), der über ein Hebelgestänge und zwei Hubketten (11) mit dem Rahmen (2) verbunden ist. Beim Absenken der Zange muß deren Mittelebene wieder mit der Vertikalebene durch die Schienenmitte übereinstimmen. Dazu wird der Rahmen (2) mit Hilfe der Hebel (12) und (13) quer zur Schiene bewegt. Dabei wird das einwandfreie Aufsetzen der Räder (3) auf die Kranschiene beobachtet und die Hubeinrichtung entsprechend gesteuert. Dazu sind elektrische Befehlsgeräte am Gestell (5) vorhanden. In allen normalen Arbeitsstellungen des Kranes ist die Schienenzange abgesenkt. Durch Ausschalten des Kranschalters wird sie automatisch geschlossen, weil ein Hydraulikventil dann stromlos wird und dadurch das Drucköl aus den Zylindern (8) abfließt. Endschalter am Kran überwachen, daß die Zangen in den notwendigen Bereichen der Kranbahn angehoben sind.

Eine kompakte Bauart zeigt Bild 13. Dort ist eine Zange in einem fahrbaren Gestell gelagert, welches sich unabhängig von einem Gehäuse bewegt, das fest mit dem Krangestell verbunden ist. Die Schließkraft wird durch eine Anzahl von Schraubenfedern erzeugt.

In Bild 14 ist eine weitere federbelastete, elektrohydraulisch gelüftete Ausführungsform dargestellt. Diese verzichtet auf eine seitliche Führung mittels eigener vertikaler Laufrollen. Stattdessen werden vier Gleitstücke benützt, die an den Seiten des Schienenkopfes anlaufen. Diese Zangenart wird auch anstelle der Gleitstücke mit kleinen horizontalen Rollen geliefert. Die Rollen erfordern aber erheblich mehr Raum neben dem Schienenkopf.

Mit Gleitstücken wird die Seitenführung auch bei der Zange nach Bild 15 zustandegebracht. Diese wird ebenfalls elektrohydraulisch gelüftet, ist aber konstruktiv anders angeordnet.

Diese Zange wird auch mit elektrischem Motorantrieb zum Öffnen und zum Schließen (Bild 16) angeboten. Zu beiden Bewegungen ist daher elektrischer Strom erforderlich. Bei Stromausfällen kann die Zange von Hand eingelegt werden. Als Antrieb wird ein Getriebemotor verwendet, dessen Antriebsmoment einstellbar ist und der über eine wegabhängige Endschalung verfügt.

Eine weitere Ausführungsform ist in Bild 17 dargestellt. Die kompakte Zange ist unten durch die beiden Rollen sehr genau geführt. Oben sind die Zangenhebel durch die Führungen der Tellerfederpakete und das sie verbindende Querjoch seitlich gehalten. Die Zange wird hydraulisch durch den liegenden Zylinder gelüftet und durch Federkraft geschlossen. Von den beiden Endschaltern schaltet der linke die Öldruckpumpe aus, wenn die Bremse geöffnet ist bzw. bei Druckverlust wieder ein. Der rechte Schalter bedient die Verriegelung mit dem Fahrwerk.

In Bild 18 ist eine Zange dargestellt, die durch Wirkung eines Gewichtes eingelegt wird. Das durch das Gewicht gespannte Seil ist zu einem Flaschenzug geführt, der die beiden Zangenhebel zusammenzieht und die Zange schließt.

Eine Schienenzange besonderer Art zeigt Bild 19. Die Hebel (1) und (1a) sind mit Hilfe der Bolzen (2) und (2a) im Gestell (3) gelagert. Bei geschlossener Zange bewirkt das Gewicht (4) über den Hebel (1), die Laschen (5) und die Zangenhebel (6) das Klemmen der Zangenbacken (7) am Schienenkopf. Zum Lüften der Zange bewegt das elektrohydraulische Lüftgerät (8) den Hebel (9), die Zugstange (10) und den Hebel (1), wodurch das Gewicht (4) angehoben wird. Wird nun die Krananlage durch Wind angetrieben, so üben die am Krangestell angebrachten Pufferanschlüsse (11) Druck auf die Federpuffer (12) aus, der sich über die Druckstangen (13) und die Hebel (1) bzw. (1a) auf die Zangenbacken (7) überträgt. Die Kraftübersetzung ist so gewählt, daß die Klemmkraft der Zange ein Vielfaches der Pufferkraft beträgt. Die übertragene Reibkraft in Schienenrichtung ist dann größer als die Pufferkraft und dieser etwa proportional. So hängt die maximale Haltekraft der Zange nur noch von der mechanischen Festigkeit der Einzelteile ab. In dieser Hinsicht ist diese Schienenzange mit den nachfolgend behandelten Selbstklemmhebeln verwandt.

6.4 Selbstklemmhebel

Ausreichend wirksame Windsicherungen für kleine und mittlere Abtriebskräfte sind auch Selbstklemmhebel. Diese greifen am Schienenkopf an und erzeugen die Haltekraft durch Selbsthemmung. Ihre Haltekraft wird somit nur von ihrer mechanischen Festigkeit begrenzt. Eine Reihe von Windsicherungen mittels Selbstklemmhebel sehen auf den ersten Blick wie Schienenzangen aus, weil jeweils zwei Selbstklemmhebel zu einem Paar verbunden sind. Deshalb werden solche Windsicherungen oft fälschlich Schienenzangen genannt.

Der wesentliche Unterschied besteht in der Funktion: Bei Schienenzangen wird die Klemmkraft durch äußere Kräfte, wie Federn, Gewichte oder die Handkraft erzeugt. Bei Selbstklemmhebeln entsteht die Klemmkraft erst durch die Abtriebskraft, also erst dann, wenn die Haltekraft tatsächlich gebraucht wird. Diese Wirkungsweise wird nachstehend im Abschnitt 6.4.1 näher erläutert.

6.4.1 Handbetätigte Selbstklemmhebel

Die einfachste Art der handbetätigten Selbstklemmhebel ist in Bild 20 dargestellt. Sie wird zwar bei Hafenkranen nur selten benutzt, wegen ihrer bestechenden Einfachheit wird diese Art hier aufgeführt. Je ein Selbstklemmhebel umschließt eine Seite des Schienenkopfes. Die oberen Enden der Hebel haben ein Langloch, durch das eine Achse gesteckt ist, welche die Selbstklemmhebel mit dem Krangestell verbindet. In der Nähe der unteren Hebelenden sind diese durch eine Schraube mit Flügelmutter verbunden. Die Hebel werden so mit geringer Kraft gegen die Schiene geklemmt. Schiebt oder zieht nun das Krangestell mit der Kraft P (Bild 20), so entsteht an den Klauen der Selbstklemmhebel das Kräftepaar R und es gilt

$$P \cdot h = R \cdot a;$$

Durch die beiden Kräfte R entsteht die gesamte Haltekraft

$$H = 2 \cdot R \cdot \mu;$$

Durch Eliminieren von R wird:

$$H = 2 \cdot \mu \cdot P \cdot h/a;$$

Für einwandfreie Funktion muß $h > P$ sein. Somit haben die Selbstklemmhebel richtige Abmessungen, wenn:

$$2 \cdot \mu \cdot h/a > 1;$$

Je größer das Maß h , desto sicherer halten die Selbstklemmhebel. Nach DIN 15019 darf die Reibzahl mit maximal $\mu = 0,14$ angesetzt werden, weil die Reibung an der glatten Schienenoberkante stattfindet. Ein Aufräumen und Härten der Selbstklemmhebel ist im allgemeinen nicht notwendig. Der Nachteil dieser Selbstklemmhebel ist, daß sie noch Platz unter dem Schienenkopf benötigen. In diesem Punkt sind sie den Schienenzangen unterlegen.

Im Bild 21 sind die beiden Selbstklemmhebel nach oben verlängert, damit sie mit Spindel und Handrad an die Schiene gedrückt werden können. Wenn die Selbstklemmhebel gelöst sind, können sie mit einem Handhebel nach oben gezogen und in dieser Stellung während des Kranbetriebes verriegelt werden.

Eine ähnliche Selbstklemmhebelanordnung nach Bild 22 wird während des Kranbetriebes um die Drehachse der Hebel gekippt und in dieser Lage gesichert.

6.4.2 Kraftbetätigte Selbstklemmhebel

In Bild 23 sind zwei Selbstklemmhebel horizontal angeordnet. Sie liegen nur mit ihrem Eigengewicht auf der Schiene auf und umfassen den Schienenkopf seitlich. Die Hebel sind beweglich in einem Rahmen angeordnet, welcher zur genauen seitlichen Führung zwei Laufräder mit engem lichten Abstand der Spurkränze hat. Zur Kranfahrt müssen die Hebel angehoben werden. Dazu dient ein elektrohydraulisches Lüftgerät. Der Rahmen wird an das Krangestell angehängt und an seiner Oberkante gegen seitliches Kippen gehalten. Bei Bewegungen des Rahmens in Schienenrichtung und eingelegten Selbstklemmhebeln genügt deren Eigengewicht, um sie schräg zu stellen und die Selbsthemmung einzuleiten. Ein Endschalter zeigt an, ob die Windsicherung gelüftet ist und gibt erst dann das Fahrwerk frei.

Diese Art der Windsicherung ist einfach und zuverlässig. Sie hat aber einen kleinen Nachteil, der im praktischen Kranbetrieb wenig erheblich ist. Die Fahrwerke der Krane haben Bremsen. Wenn der Kran durch Wind geringfügig abgetrieben wurde und die Hebel deshalb verklemmt sind,

halten die Fahrbremsen und die Reibung der Fahrwerke den Kran fest, so daß die Hebel durch das angebaute Lüftgerät nicht angehoben werden können. Der Kran muß dann mit Hilfe des Fahrwerkes etwas zurückgefahren werden, damit die Selbstklemmhebel wieder frei werden.

Die in Bild 24 dargestellte Windsicherung hat deshalb zwei Endschalter, durch die im Kranführerhaus angezeigt werden kann, ob und nach welcher Richtung die Hebel an der Schiene verklemmt sind. Mit Hilfe dieser Endschalter kann auch das Fahrwerk in der Richtung freigegeben werden, die zum Lösen der Hebel führt.

6.5 Schienenbremsen

Die Schienenbremse nach Bild 25 kann von Hand oder elektrisch eingelegt und gelüftet werden. Merkmal der Schienenbremsen ist, daß eine Bremsbacke von oben auf die Schiene gepreßt wird. Durch diese Anordnung haben Schienenbremsen den Vorteil, daß sie keinen Freiraum neben dem Schienenkopf benötigen. Reibung erzeugt die Haltekraft. Zur elektrischen Betätigung treibt in Bild 25 ein Drehfeldmagnet (bzw. Stillstandsmotor) über Kette die selbsthemmende Spindel an, welche über ein Hebelgestänge die Backe nach unten drückt. Die vertikale Kraft zwischen Backe und Schiene ist einerseits begrenzt durch das Drehmoment des Antriebs, andererseits durch jenen Teil des Krangewichtes, der auf der Schienenbremse abgestützt werden kann. Im eingelegten Zustand trägt die Schienenbremse stets einen Teil des Krangewichtes. Von diesem Gewichtanteil werden die Laufräder entlastet.

Die Schienenbremsen haben im allgemeinen an den Backen einen besonderen Bremsbelag, damit die Reibungszahl groß ist und die Vertikalkraft möglichst klein gehalten werden kann. Bei größeren Schienenbremsen ist es ratsam zu prüfen, ob die notwendige Vertikalkraft gefahrlos in die Schiene und ihr Fundament übertragen werden kann; die Kraft ist in vielen Fällen größer als die maximale Radkraft des betreffenden Kranes.

In Bild 26 ist eine größere gewichtsbelastete Schienenbremse abgebildet. Durch das am Seil hängende Gewicht wird über Flaschenzug und Hebelübersetzung die Bremsbacke auf die Schiene gepreßt. Die Bremsbacke ist auf einer Seite schräg abgeschnitten. Die Vertikal- und damit die Haltekraft soll vergrößert werden, wenn der Kran so abgetrieben wird, daß das Gestell gegen die Schräge der Backe drückt. Schienenbremsen neigen wie Selbstklemmhebel dazu, sich zu verklemmen, wenn sie wirksam gewor-

den sind. Deshalb zeigt ein Zeiger an, nach welcher Richtung die Bremsbacke im Gestell verklemt ist. Die gezeigte Windsicherung ist elektrohydraulisch gelüftet und durch Endschalter überwacht.

Eine andere Ausführungsform, bei der die Pressung zwischen Bremsbacke und Schiene erst dann erzeugt wird, wenn der Kran tatsächlich abgetrieben wird, zeigt Bild 27. Von einem elektrohydraulischen Lüftgerät wird die Bremsbacke mittels eines Hebelgestänges angehoben bzw. abgesenkt. Die Oberkante der Backe ist nach beiden Seiten keilförmig erhöht. Über der Backe befindet sich, fest mit dem Krangestell verbunden, eine lose Laufrolle. Wird der Kran durch Wind abgetrieben, bleibt die abgelassene Bremsbacke unbewegt auf der Schiene liegen, während die Rolle zu einem der beiden Keile bewegt wird und diese hochrollt. Dadurch wird das Krangestell angehoben und sein Gewicht wirkt der Abtreibkraft entgegen. Ist der Keilwinkel α , so besteht zwischen der Arbeitskraft A und der notwendigen Vertikalkraft V die Beziehung:

$$V = A / \operatorname{tg} \alpha$$

Ist μ der Mindestreibwert zwischen Backe und Schiene, so ist der maximal mögliche Keilwinkel

$$\max \alpha = \operatorname{artg} \mu$$

Es wird weiter

$$V = A / \mu$$

wie bei allen Schienenbremsen.

6.6 Sonderausführungen

Es sind eine Reihe von verschiedenen Windsicherungen bekannt geworden, die selten verwendet werden und sich in die vorhergehenden Abschnitte 6.1 bis 6.5 nicht einordnen lassen. Einige davon sollen hier behandelt werden.

In Bild 28 sind auf der Kranbahn Doppellaschen mit Langloch angeordnet. Zugstangen stellen die Verbindung zum Kran her. Diese oder ähnliche Arten der Sicherung werden im Ausland manchmal vorgesehen. Sie dienen nicht als Mittel gegen den normalen Außerbetriebswind, sondern werden an durch Wind besonders gefährdeten Orten nur eingelegt, wenn, durch

die Großwetterlage bestimmt, mit besonders starken Winden zu rechnen ist.

In Bild 28 sind die Stangen nur für die Wirkung von Zugkräften dimensioniert, um ihr Gewicht klein zu halten. Ihre Wirkung ist deshalb nur einer Windrichtung zugeordnet. Vor entgegengesetzter Windrichtung muß deshalb getrennt geschützt werden.

Ähnlich wirkende Konstruktionen benutzen statt der Zugstangen Zugseile oder es werden die Stangen zug- und druckfest ausgeführt.

Bei der Anwendung von derartigen Windsicherungen ist zu beachten, daß sie im allgemeinen die Eck- und Radkräfte verändern. So wird im Bild 28 bei Wirkung der Kraft H aus Wind die Stangenkraft $Z = H/\cos \alpha$ und die Vertikalkraft wird $V = H \cdot \tan \alpha$. Mit V werden die Fahrwerke hier belastet.

Eine einfache Sicherung sind Fanghaken wie im Bild 29. Dort sind quer durch die Schiene Bolzen gesteckt und eingeschweißt. An diesen bleiben die Fanghaken hängen, wenn der Kran abgetrieben wird. Diese Ausführung eignet sich nur für kleine Abtriebskräfte, wenn neben der Schiene genügend Platz ist.

Herausgegeben am 01.01.1982

Neuaufgabe Dezember 1989

Beaufort Grad	Windbezeichnung	Wirkung des Windes an Land	Geschwindigkeitsbereich $\sqrt{mR1}$ m/s	km/h	Knoten	Staudruck N/m^2
0	Windstille Calme	Vollkommene Windstille	0,0.. 0,3	1	1	0
1	Leichter Zug	Rauch steigt fast senkrecht empor	0,3.. 1,5	1- 5	1- 3	0- 1
2	Leichte Brise	hebt leichte Wimpel, bewegt zeitweilig Blätter an Bäumen	1,5.. 3,3	6- 11	4- 6	2- 6
3	Schwache Brise	bewegt Flaggen, setzt Blätter von Sträuchern und Bäumen in ständige Bewegung	3,3.. 5,4	12- 19	7- 10	7- 18
4	Mäßige Brise	streckt Wimpel, bewegt unbelaubte, schwache Baumäste	5,4.. 7,9	20- 28	11- 15	19- 39
5	Frische Brise	streckt große Flaggen, bewegt große Äste	7,9.. 10,7	29- 38	16- 21	40- 72
6	Starker Wind	wird an Häusern und freistehenden Masten hörbar, bewegt schwächere Bäume	10,7.. 13,8	39- 49	22- 27	73- 119
7	Steifer Wind	bewegt unbelaubte Bäume mittlerer Stärke	13,8.. 17,1	50- 61	28- 33	120- 183
8	Stürmischer Wind	bewegt starke Bäume und bricht Zweige und Äste ab, gegen den Wind schreitende Menschen werden merkbar aufgehalten	17,1.. 20,7	62- 74	34- 40	184- 268
9	Sturm	unbelaubte Äste werden abgebrochen und Dächer beschädigt	20,7.. 24,4	75- 88	41- 47	269- 373
10	Schwerer Sturm	freistehende Bäume werden umgebrochen, beträchtlicher Schaden an Gebäuden	24,4.. 28,4	89- 102	48- 55	374- 505
11	Orkanartiger Sturm	schwere Zerstörung	28,4.. 32,6	103- 117	56- 63	506- 665
12	Orkan	verwüstende Wirkung	32,6.. 36,9	118- 133	64- 71	666- 853
13			36,9.. 41,4	134- 149	72- 80	854- 1060
14			41,4.. 46,1	150- 166	81- 89	1070- 1320
15			46,4.. 50,9	167- 183	90- 99	1330- 1610
16			50,9.. 56,0	184- 201	100- 108	1620- 1990
17			> 56,0	> 202	> 109	> 2000

Bild 1

Beaufort Skala, Wind mit Reibung (1-Minuten-Mittel)

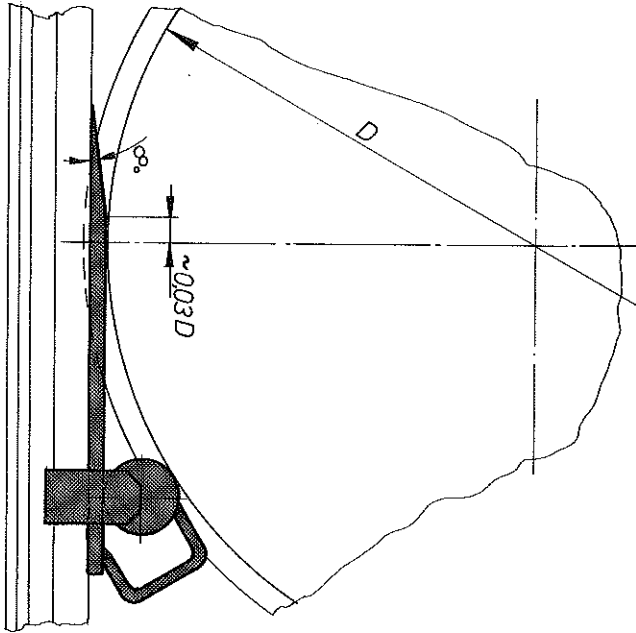
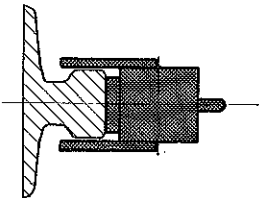


Bild 2



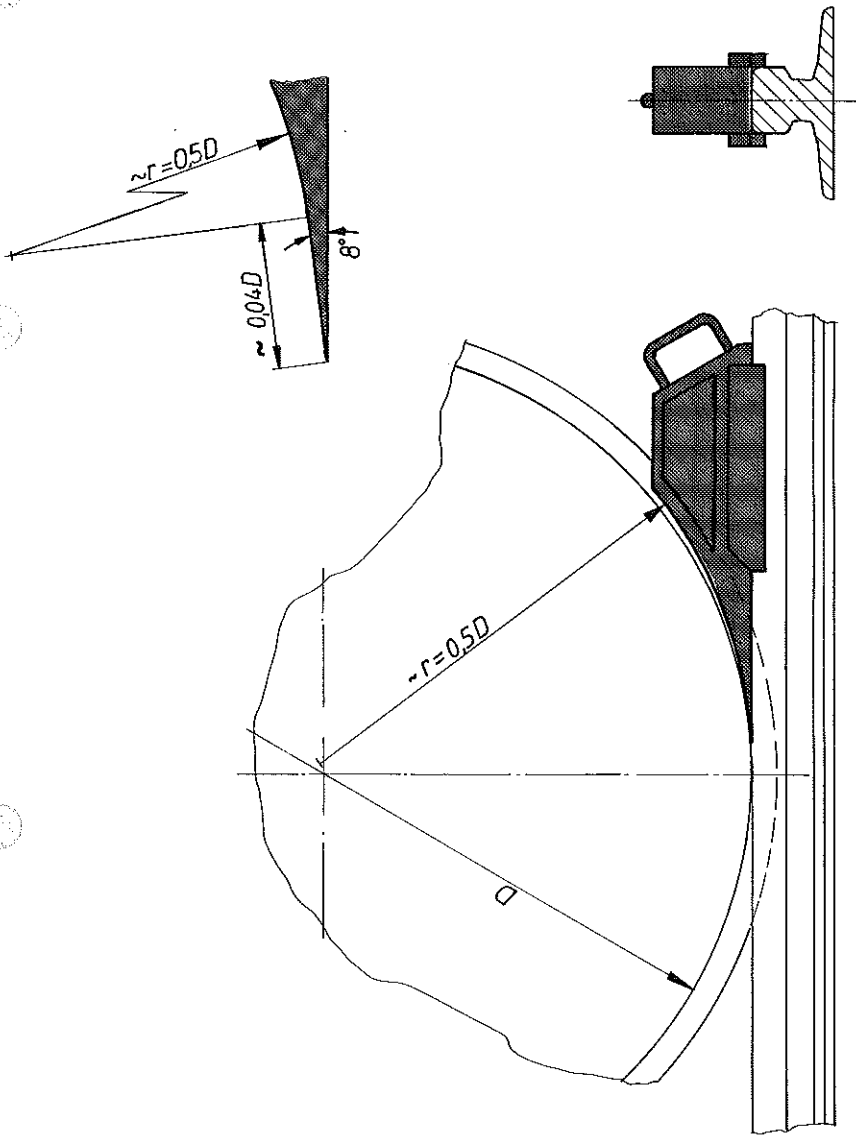


Bild 3

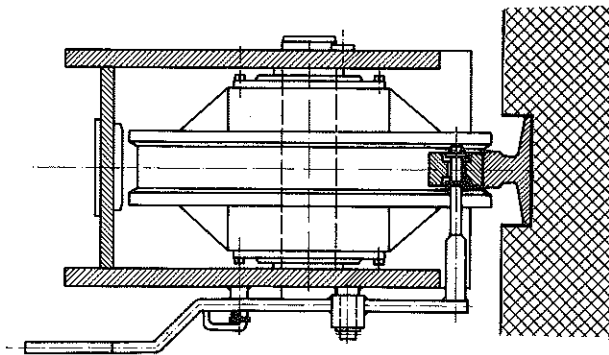
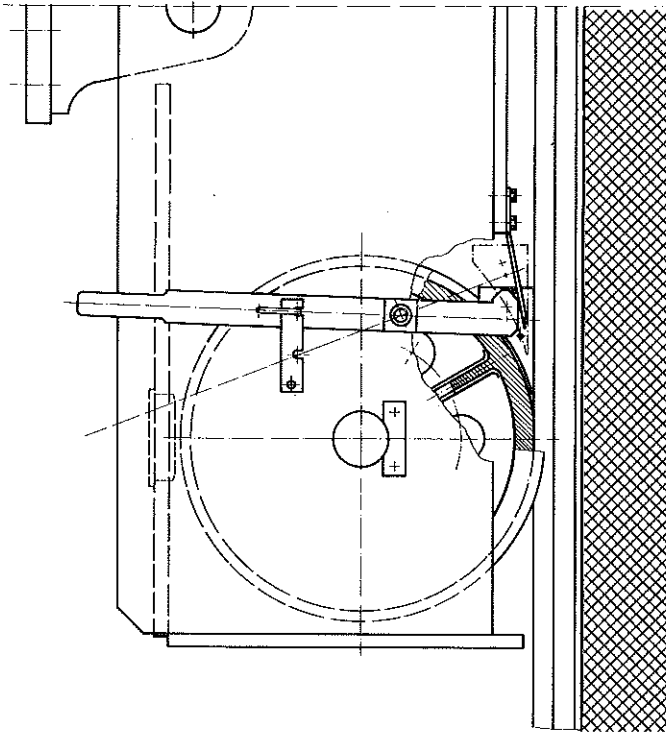


Bild 4

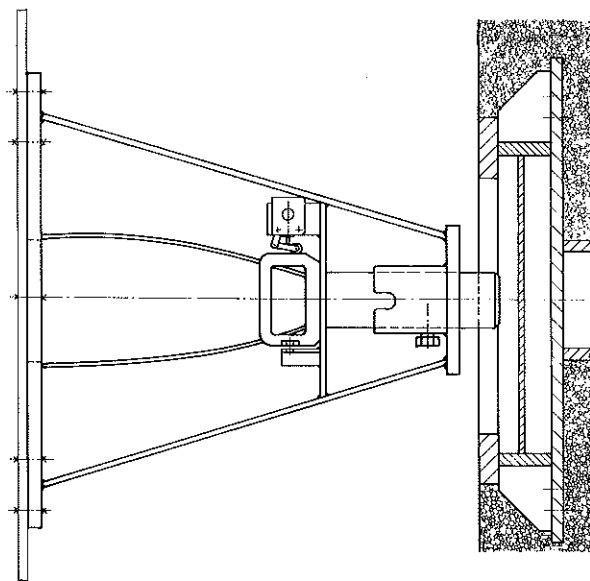
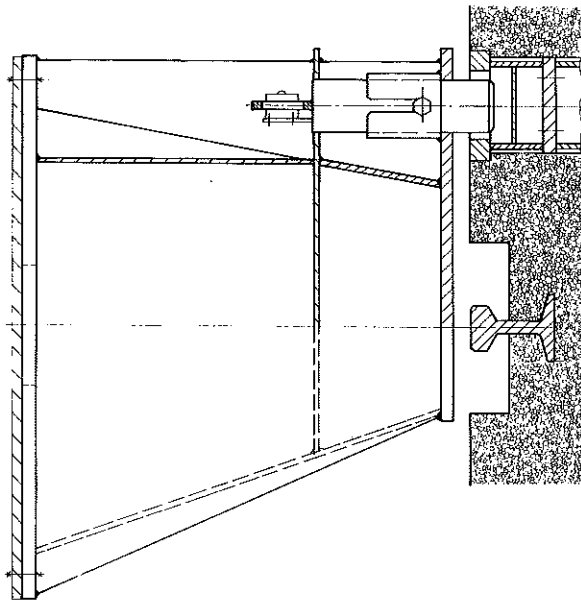
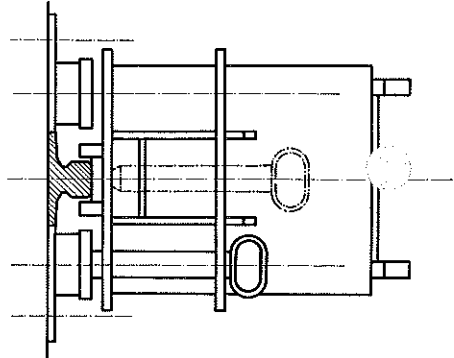
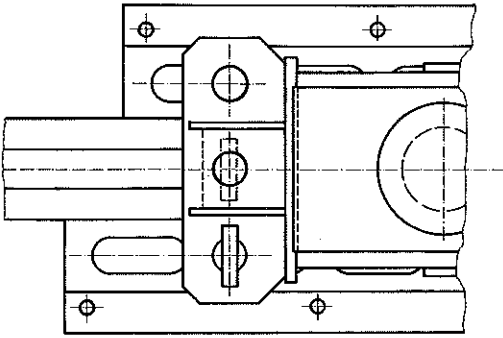
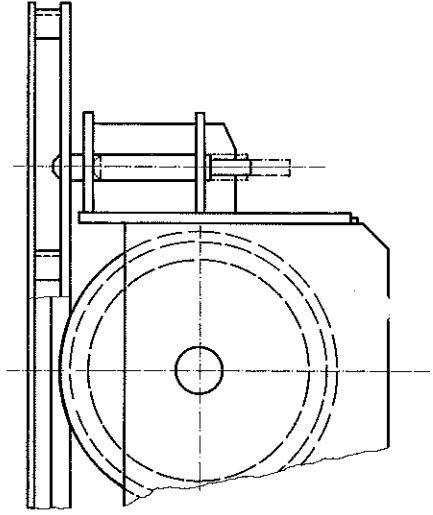
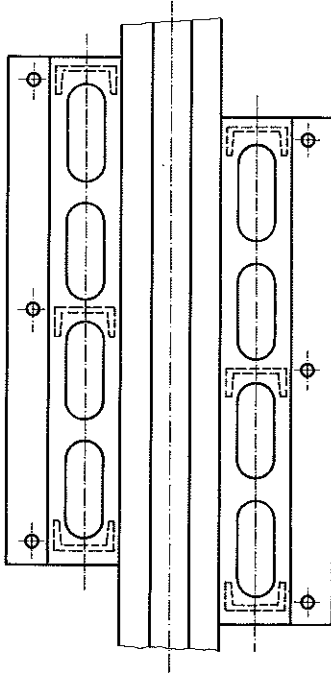


Bild 5

Bild 6



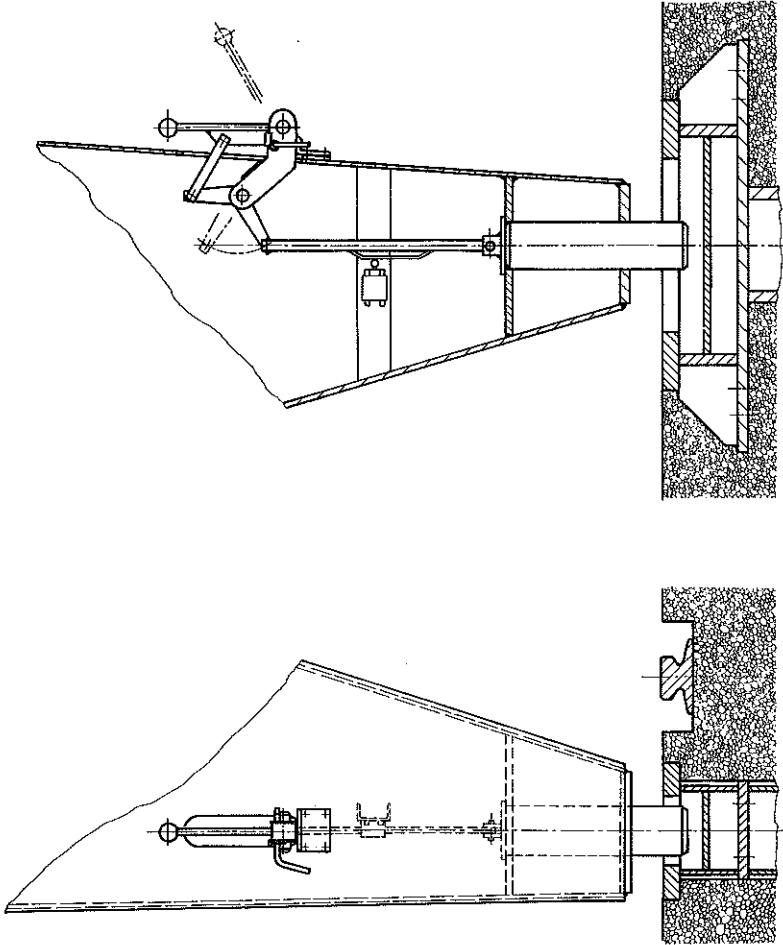
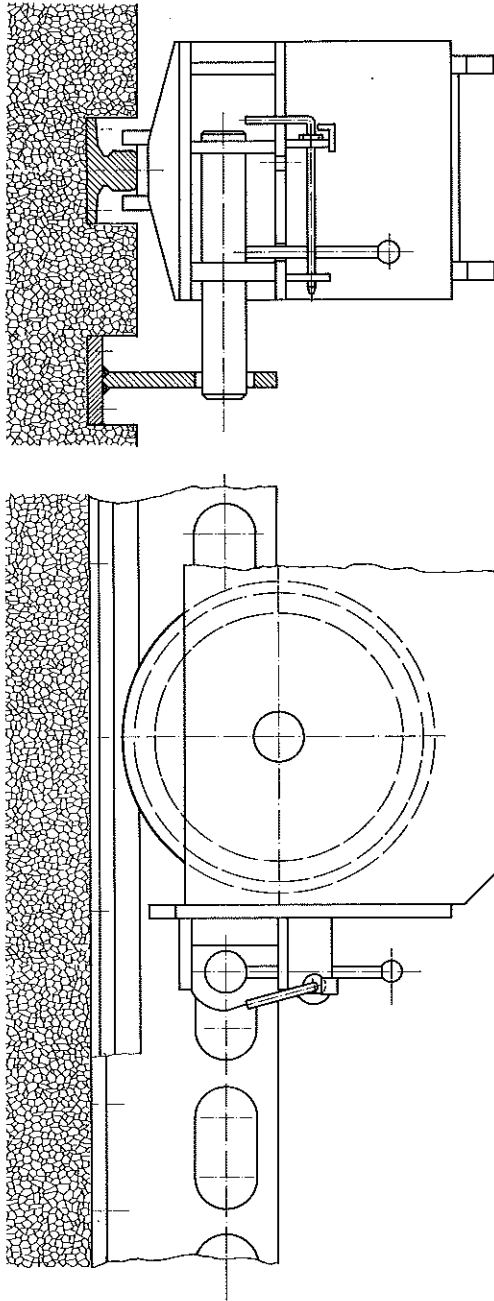


Bild 7

Bild 8



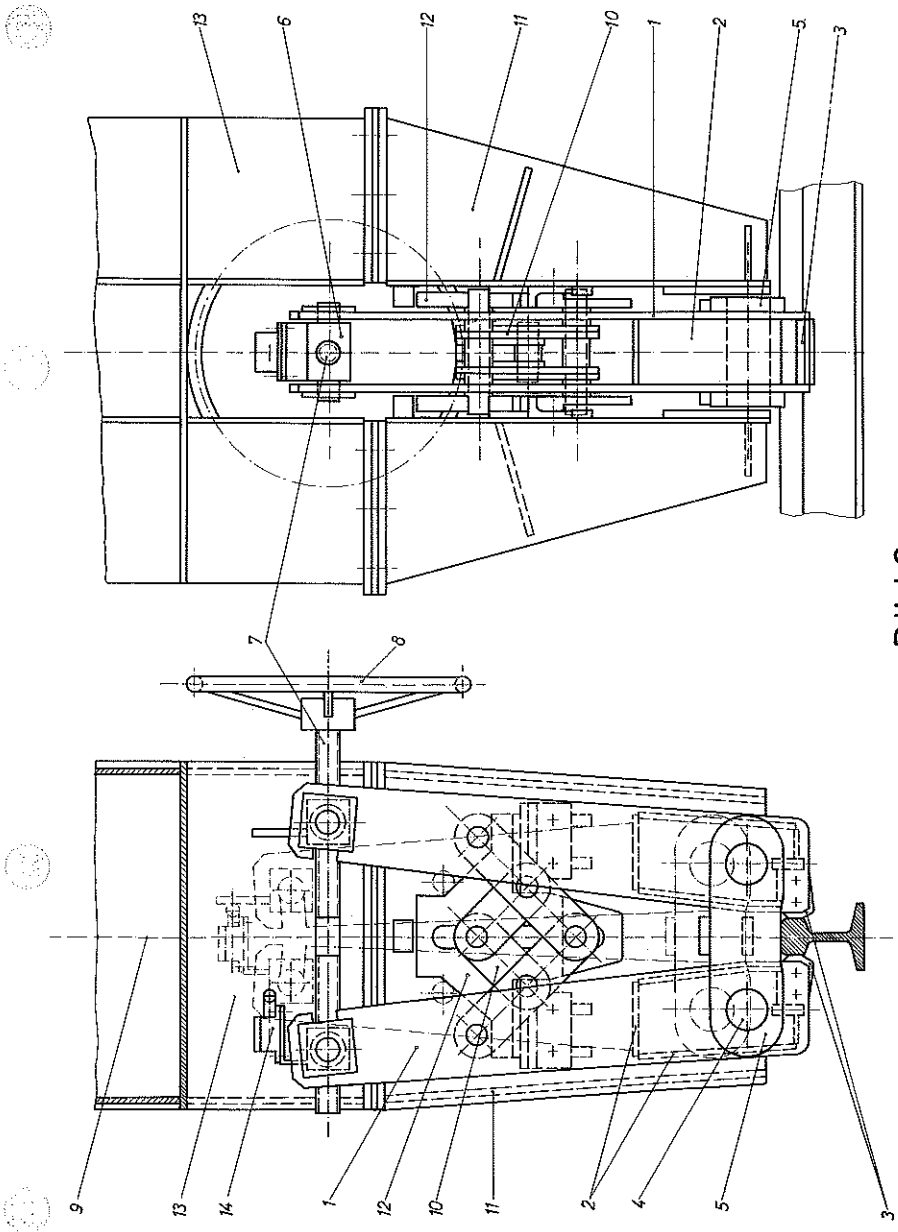
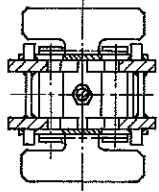
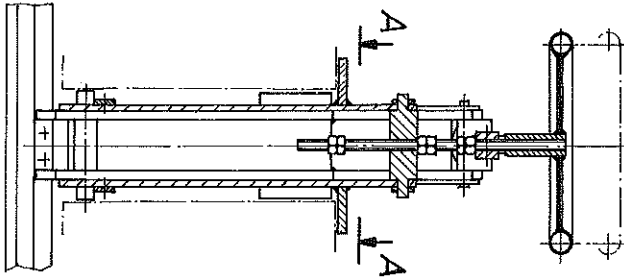
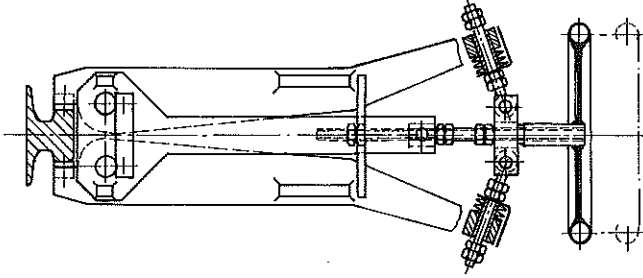


Bild 9



Schnitt A-A

Bild 10

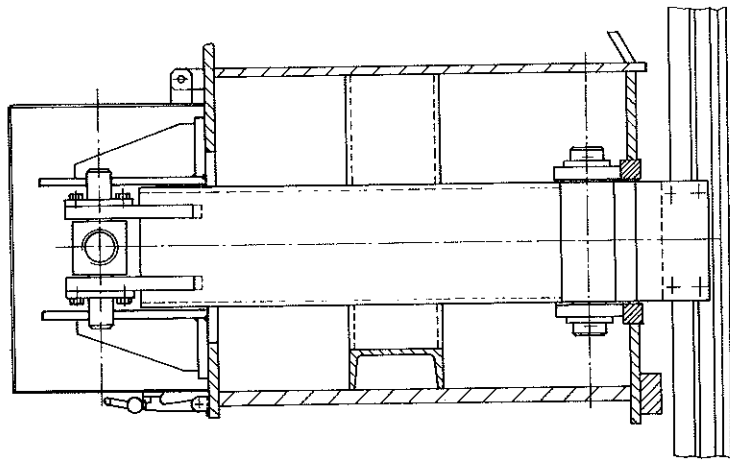
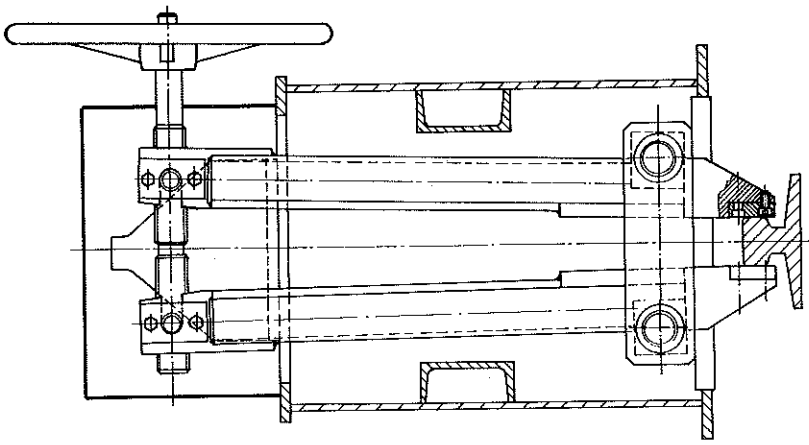
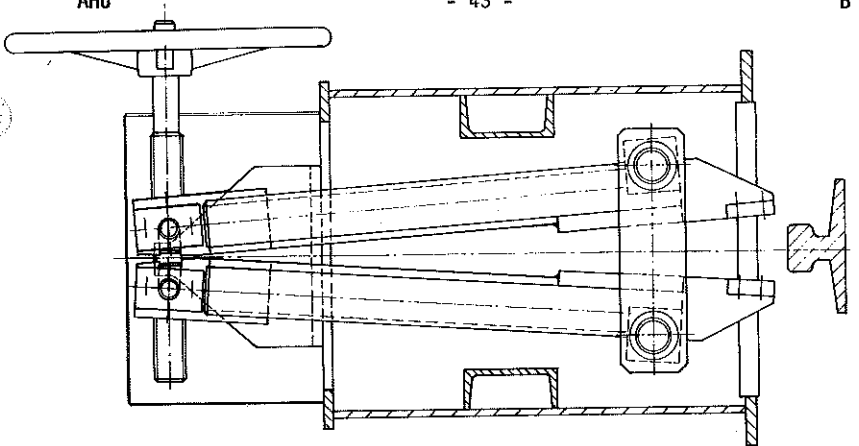


Bild 11

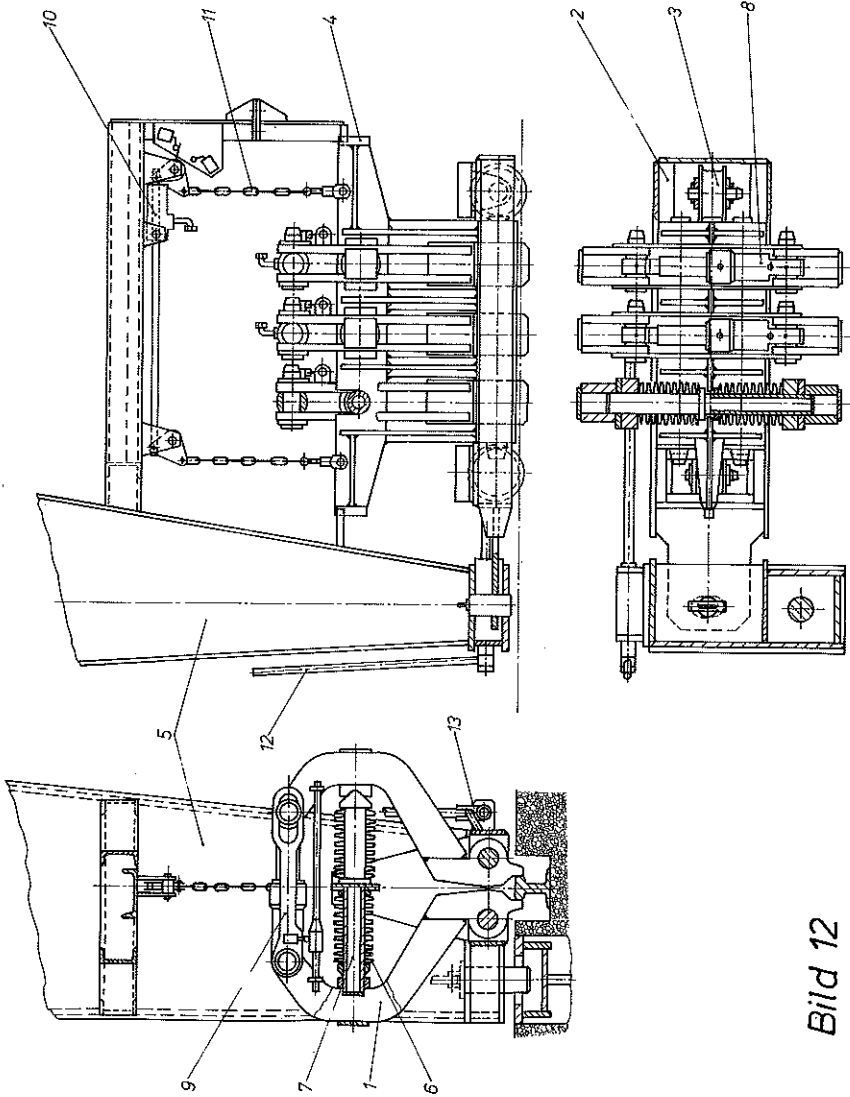


Bild 12

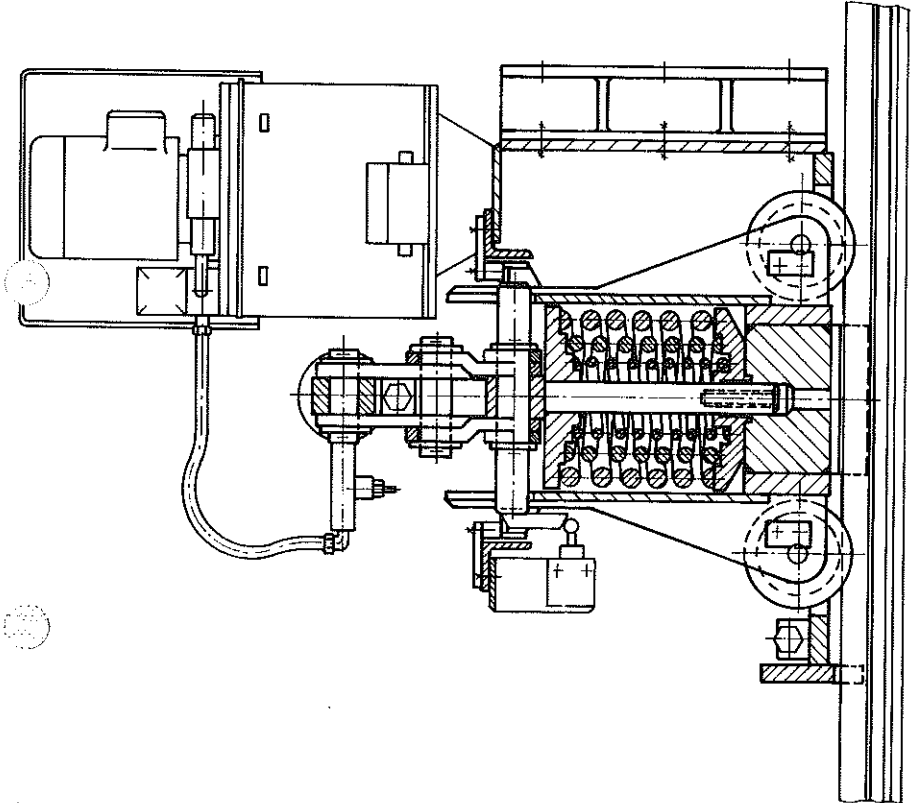
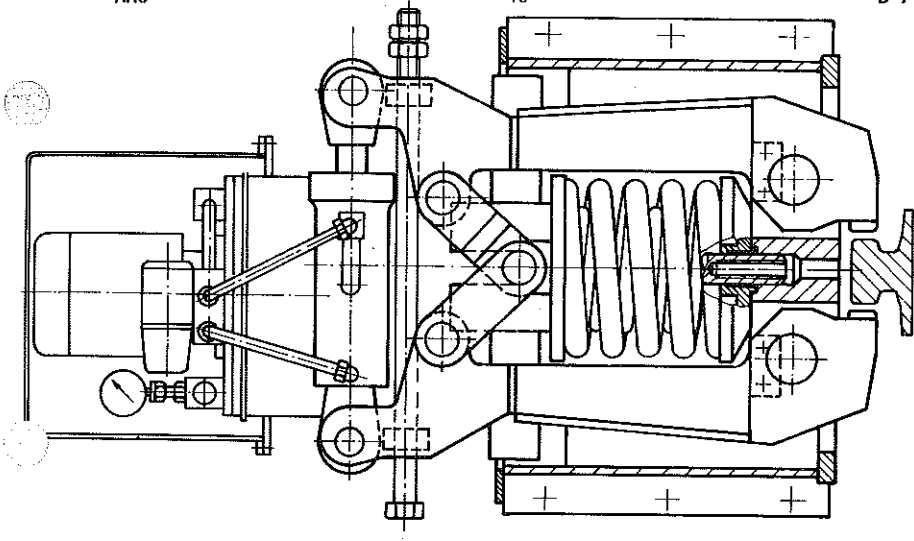


Bild 13

B 7

- 46 -

AHU

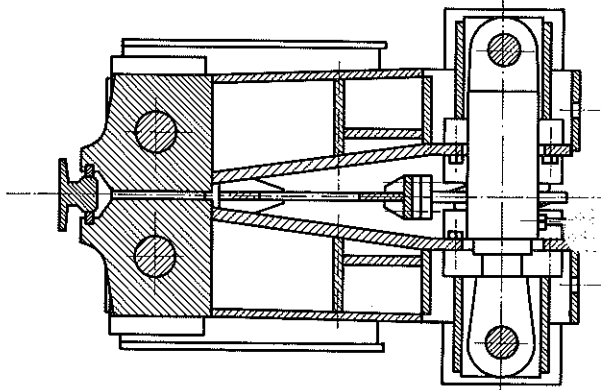
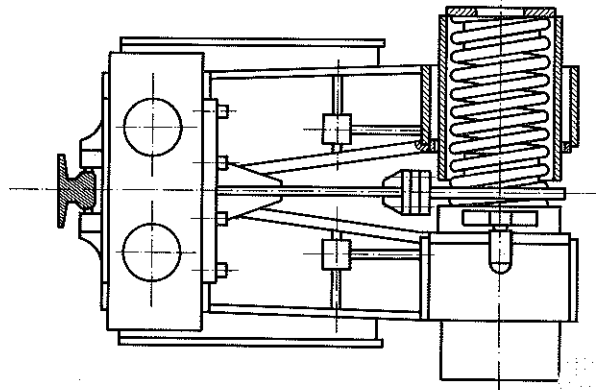
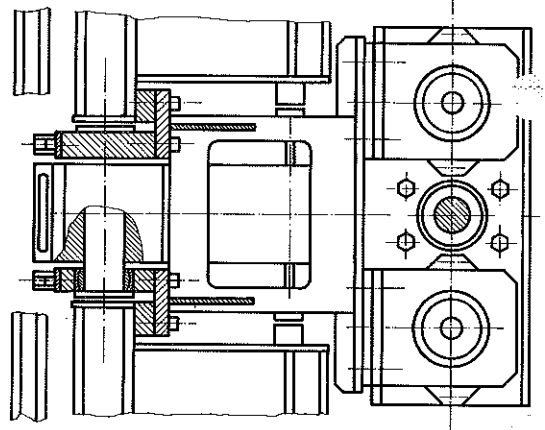
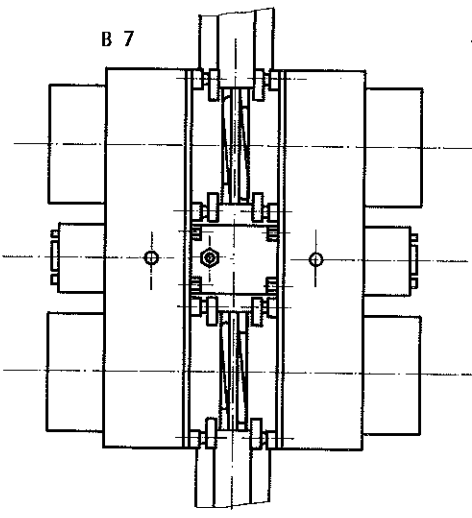


Bild 14

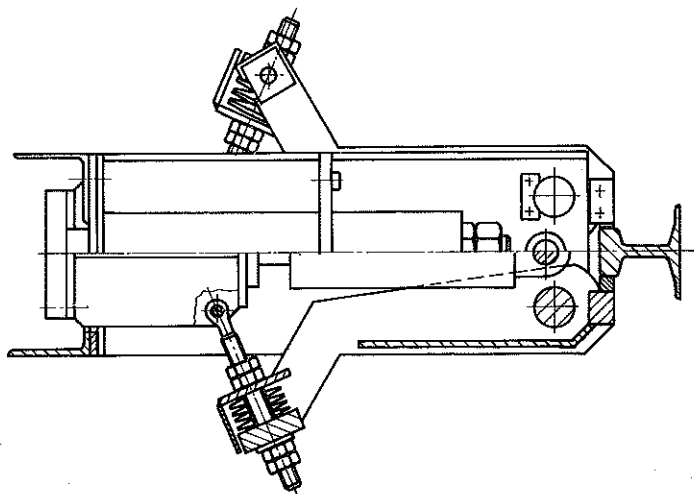
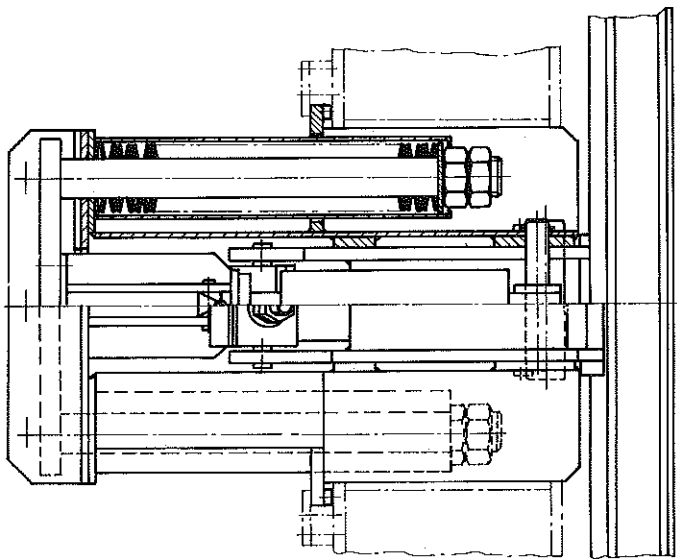


Bild 15

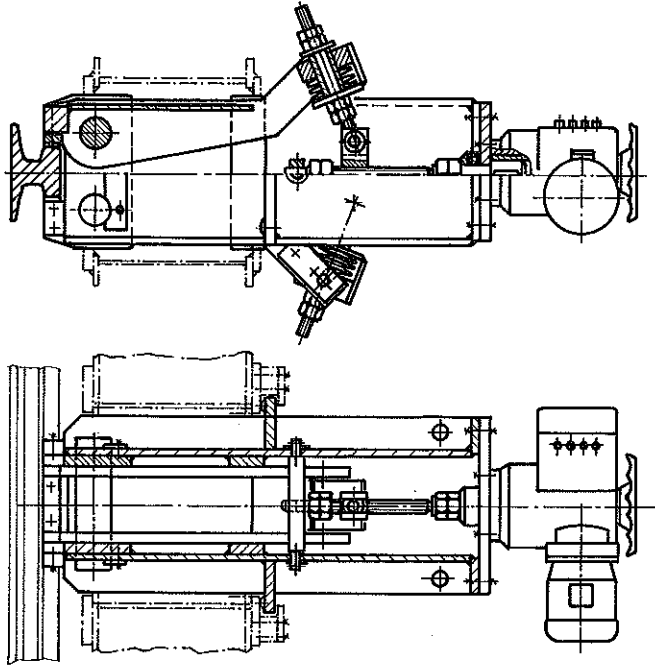


Bild 16

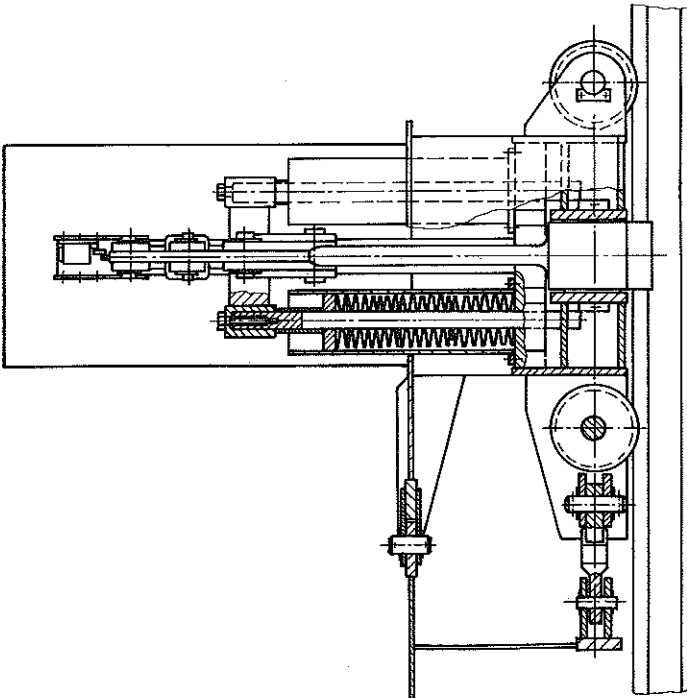
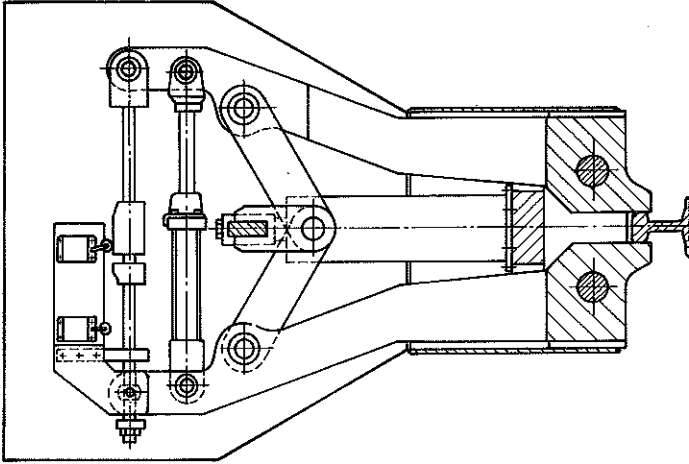
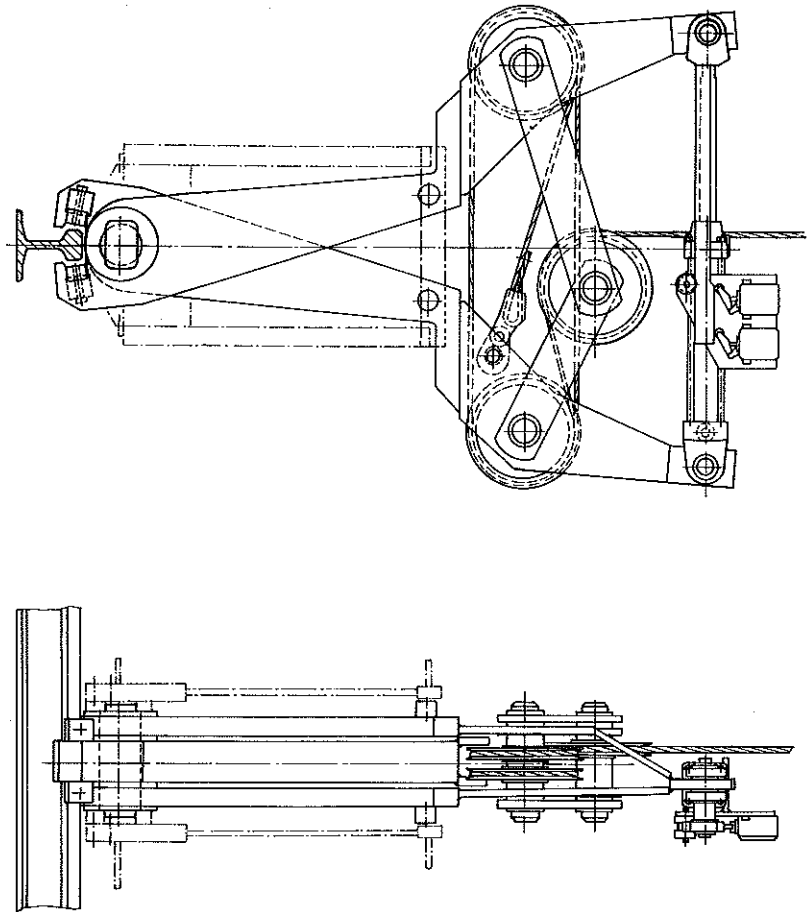


Bild 17

Bild 18



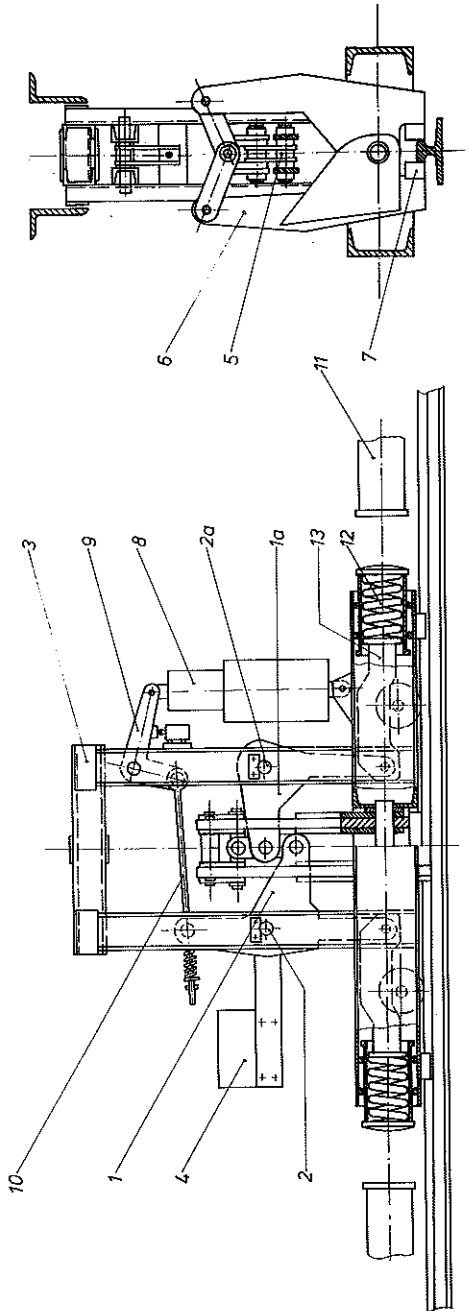


Bild 19

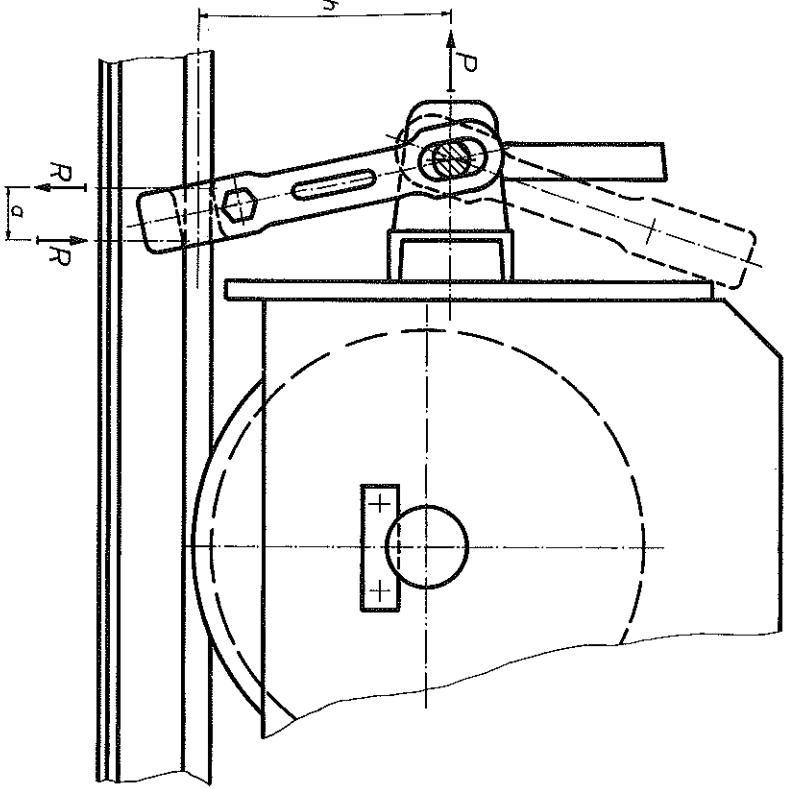
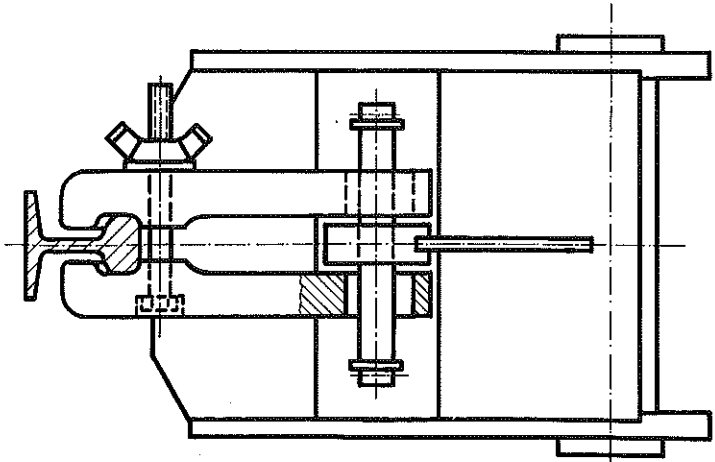


Bild 20



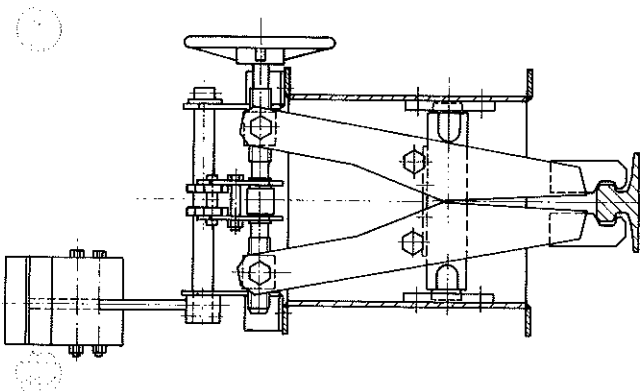
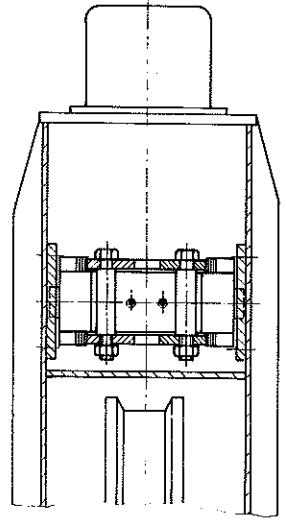
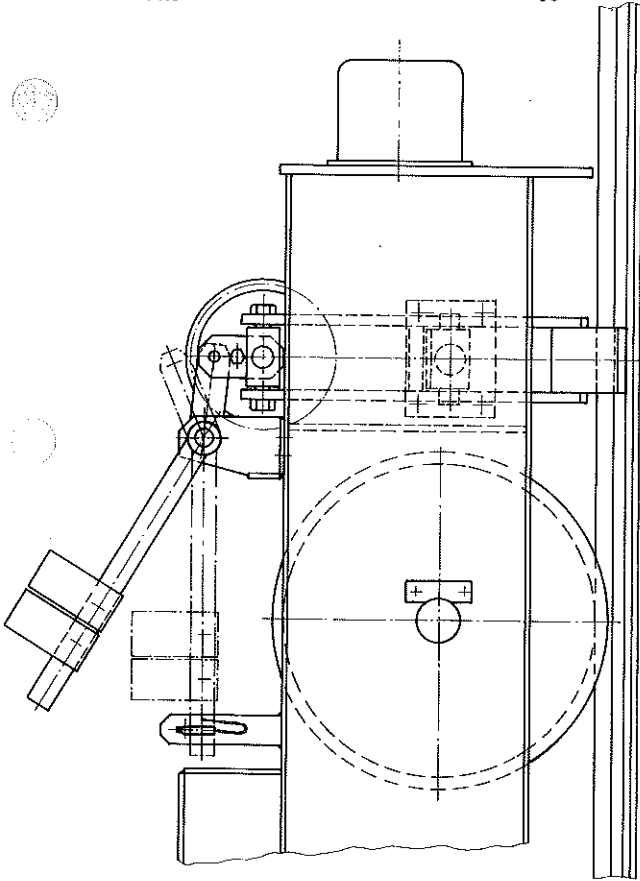


Bild 21

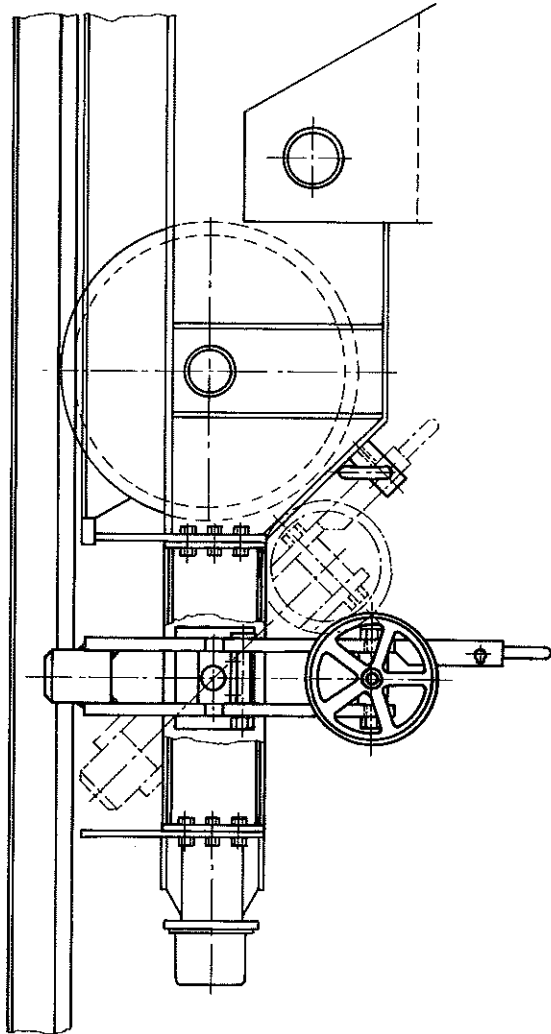
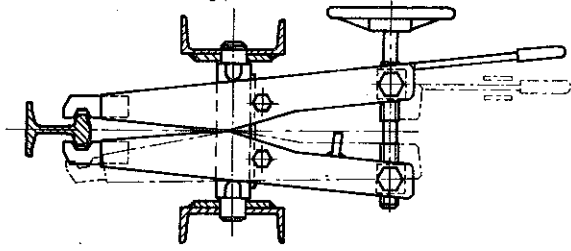


Bild 22

AHU

- 55 -

B 7

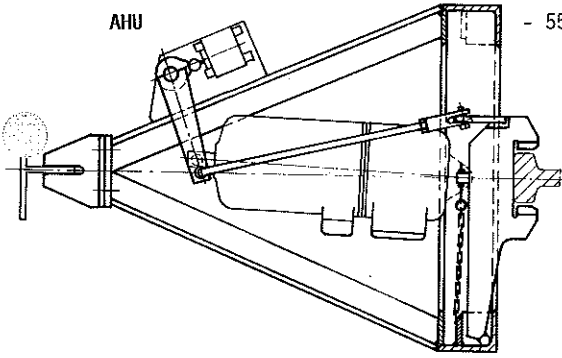


Bild 23

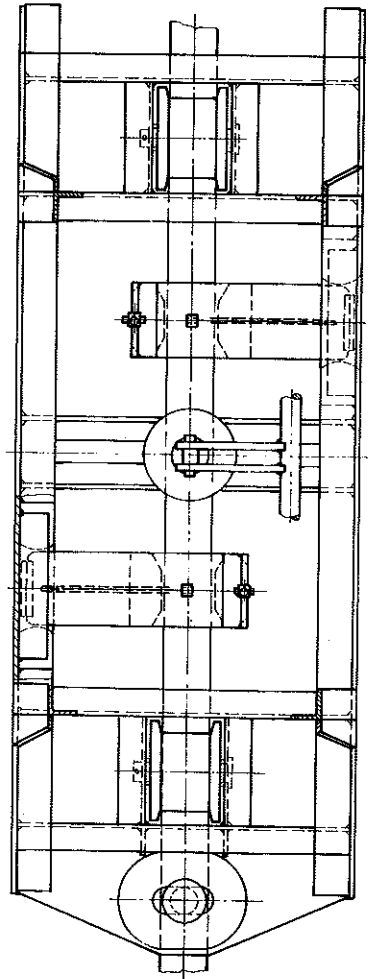
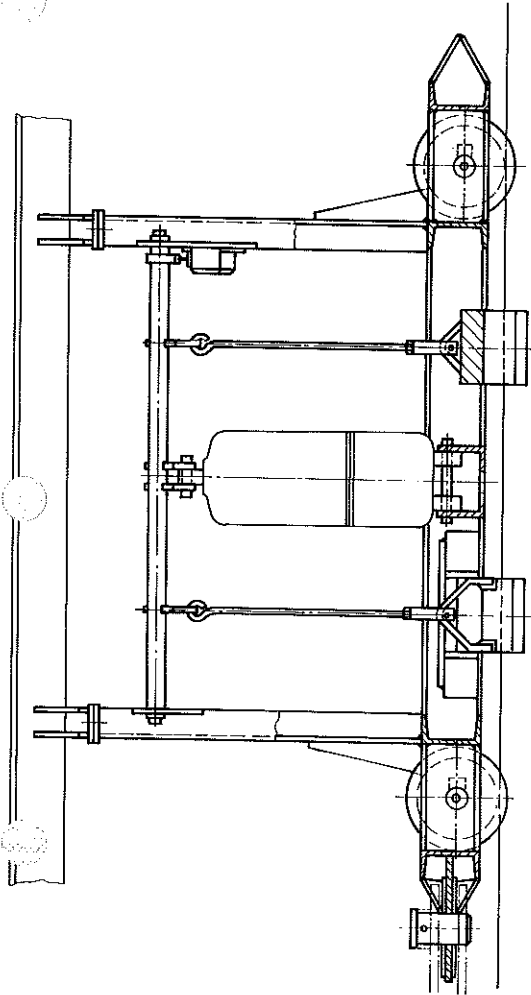
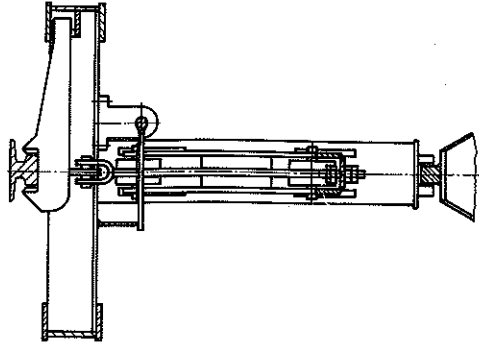
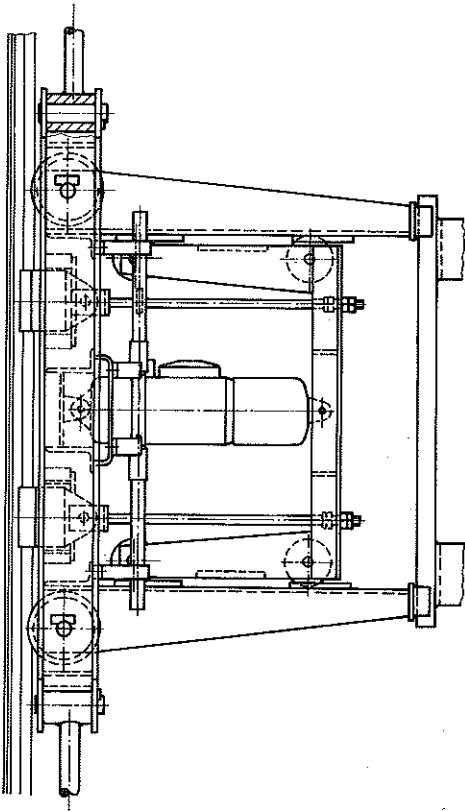
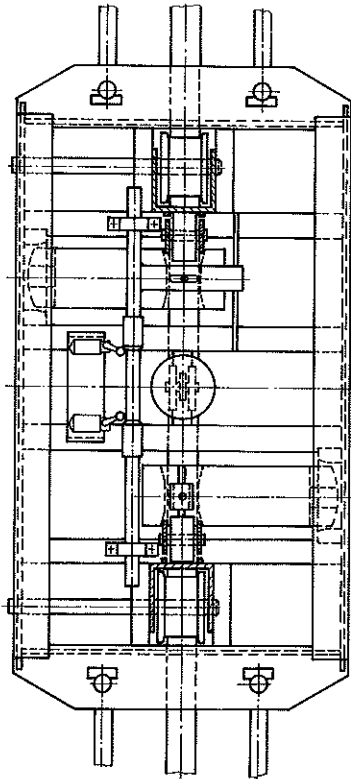


Bild 24



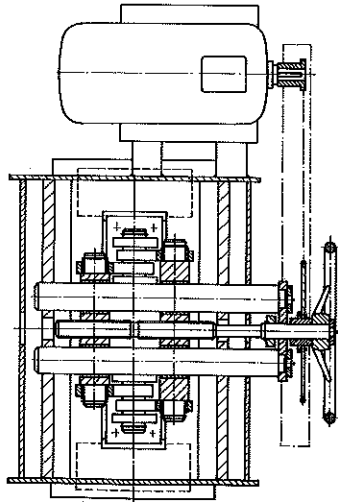
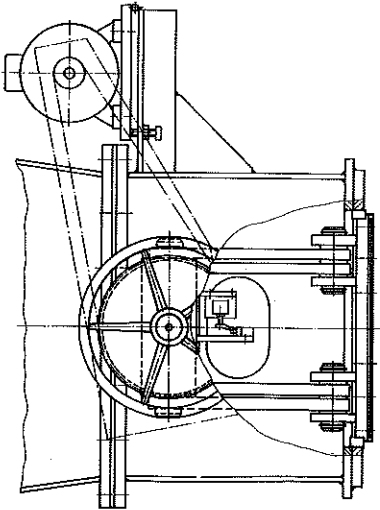
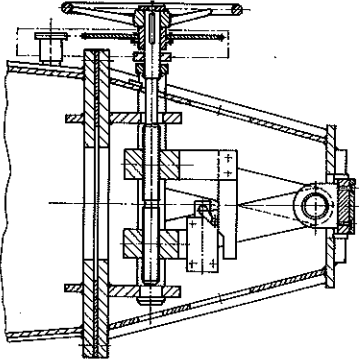


Bild 25

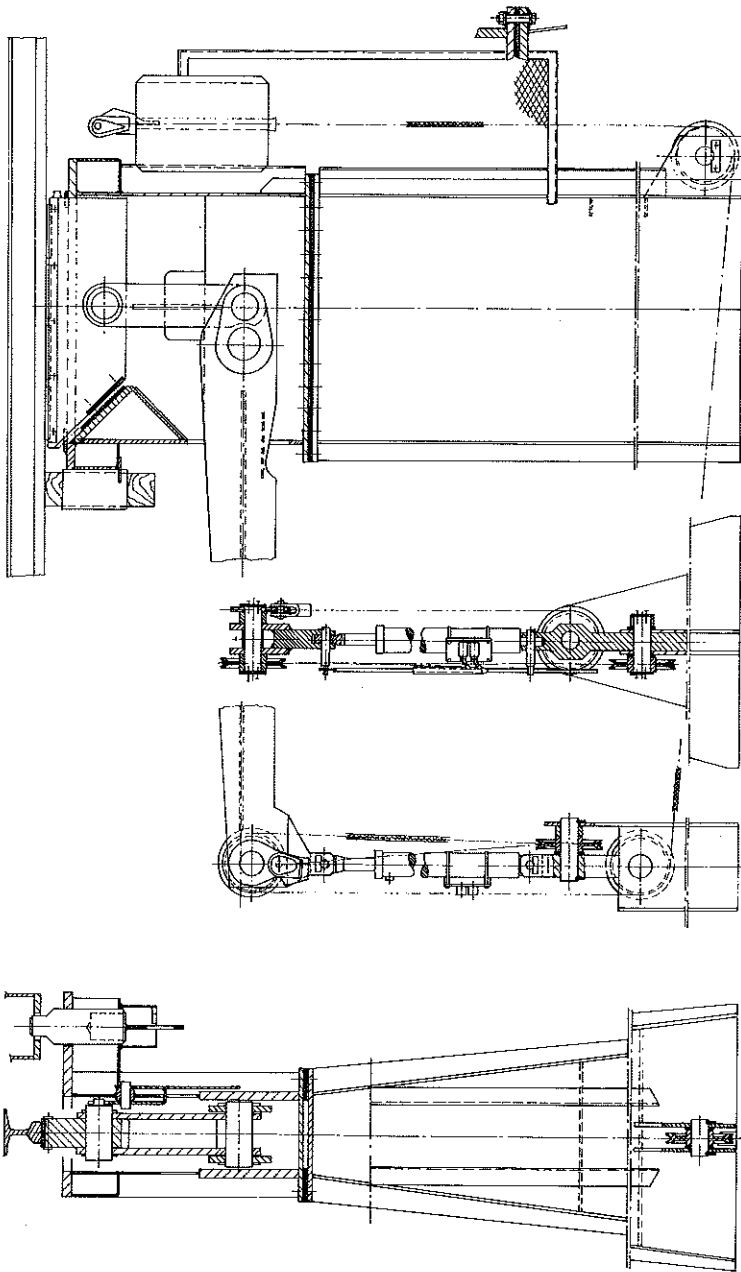


Bild 26

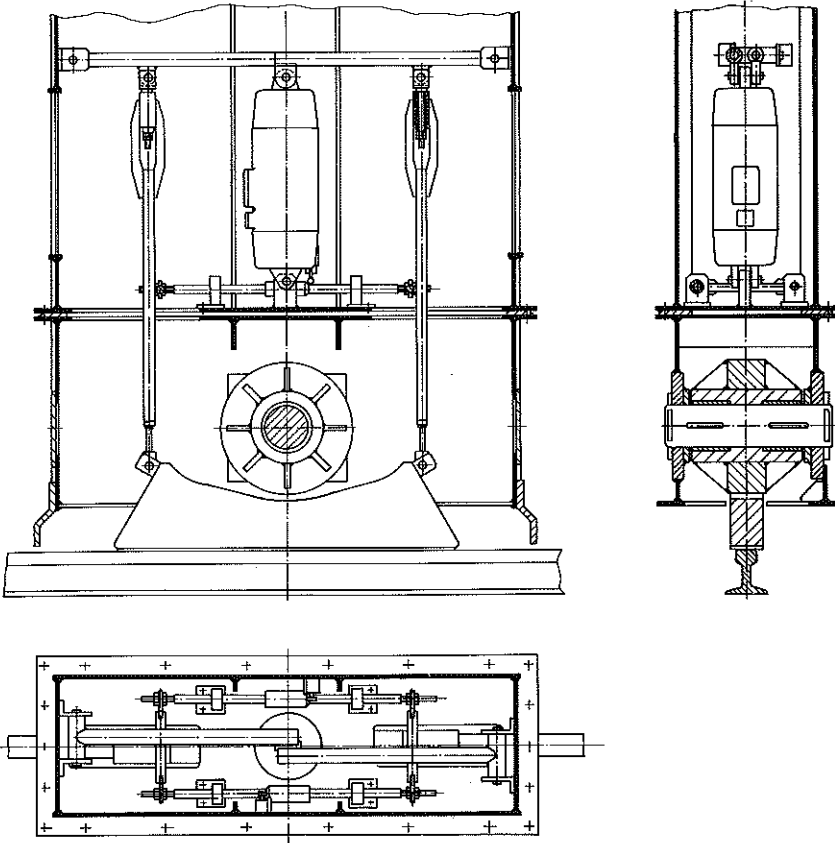
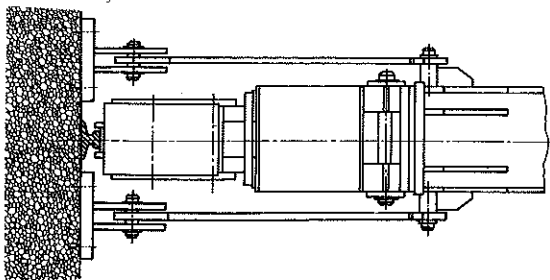
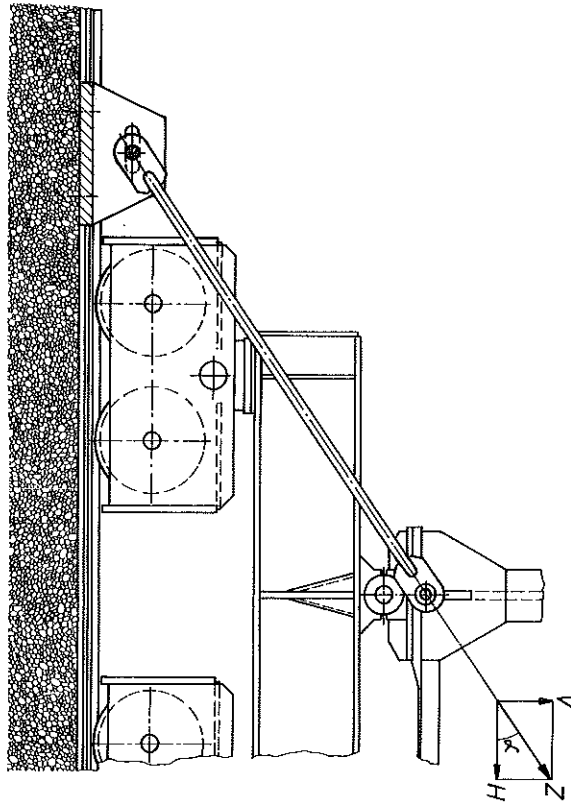


Bild 27

Bild 28



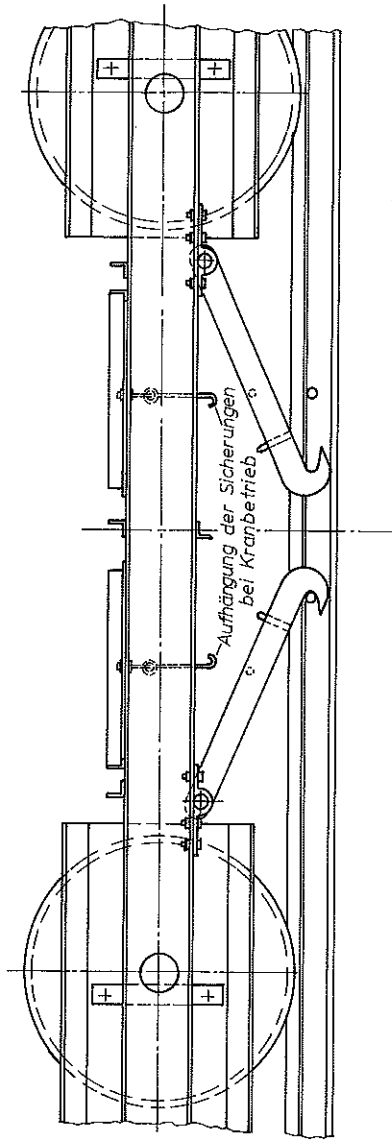


Bild 29