

Block 3

Kapitel 11 – 13

Inhalt				
1. Einführung	1	7.2.4	Die Rostfeuerungen	85
2. Zur Entwicklung der Kraftmaschinen mit Dampfantrieb im deutschsprachigen Raum	3	7.2.5	Andere Feuerungen	89
2.1 Die Anfänge	3	7.3	Die Feuerung mit flüssigen Brennstoffen	89
2.2 Vom Handwerk zur Maschinenfabrik	11	7.4	Die Feuerung mit gasförmigen Brennstoffen	92
2.3 Die ersten Dampfmaschinen im deutschsprachigen Raum	15	8.	Das Speisewasser	93
2.4 Die ersten ortsveränderlichen Kraftmaschinen in England und Frankreich	21	8.1	Bemerkung	93
2.5 Die ersten ortsveränderlichen Kraftmaschinen im deutschsprachigen Raum	33	8.2	Speisewasser	94
3. Versuch einer Abgrenzung	43	8.3	Reinigung und Behandlung des Speisewassers	95
3.1 Betrachtungsrahmen	43	8.3.1	Allgemeine mechanische Reinigung	95
3.2 Kraftmaschinen und Lokomobilen	44	8.3.2	Chemische Reinigung und Speisewasser-Aufbereitung bei fahrbaren Lokomobilen	95
4. Übersicht der Hersteller von Lokomobilen im deutschsprachigen Raum	47	8.3.3	Chemische Speisewasser-Aufbereitung bei Halblokomobilen	97
4.1 Quellenlage und Vollständigkeit	47	8.3.4	Speisewasseraufbereitung bei Verwendung von Kondensatwasser	98
4.2 Übersicht der Lokomobilhersteller und Hersteller von anderen ortsveränderlichen Kraftmaschinen	50	9.	Der Aufbau der Lokomobilen	99
4.3 Gegenüberstellung einiger fahrbarer Lokomobilen	54	9.1	Die wesentlichen Baugruppen	99
5. Die Morphologie der ortsveränderlichen Kraftmaschinen und Lokomobilen	57	9.2	Baugruppen der verfahrbare Lokomobilen mit liegendem Kessel	101
5.1 Vielfalt und Ordnung	57	9.3	Baugruppen der verfahrbare Lokomobilen mit stehendem Kessel	103
5.2 Ordnungsparameter des morphologischen Systems	58	9.4	Baugruppen der auf Gleisen verfahrbaren Lokomobilen	105
5.2.1 Allgemeine Ordnungsparameter der Lokomobilen und anderer ortsveränderlicher Kraftmaschinen	58	9.5	Baugruppen der versetzbaren Lokomobilen (Halblokomobilen)	106
5.2.2 Ordnende Gesichtspunkte für die Spaltenbenennung	59	9.6	Baugruppen der verschiebbaren Lokomobilen (Halblokomobilen)	108
5.2.3 Ordnende Gesichtspunkte für die Zeilenbenennung	61	9.7	Baugruppen der mobilen Dampf-Kraftmaschinen kleiner Leistung	109
5.3 Das morphologische System der Lokomobilen und anderer ortsveränderlicher Kraftmaschinen	62	10.	Die Dampfkessel der Lokomobilen	111
6. Die Brennmaterialien	65	10.1	Historische Entwicklung der Kesselbauarten bei Lokomobilen	111
6.1 Bemerkung	65	10.2	Auslegung der Lokomobilenkessel	112
6.2 Feste Brennstoffe	65	10.3	Liegende Kessel	115
6.3 Flüssige Brennstoffe	69	10.3.1	Kofferkessel	115
6.4 Gasförmige Brennstoffe	71	10.3.2	Walzenkessel, Zylinderkessel	115
7. Die Feuerungen	73	10.3.3	Flammrohrkessel	115
7.1 Der allgemeine Verbrennungsprozess	73	10.3.4	Rauchrohrkessel	118
7.2 Die Feuerung mit festen Brennstoffen	75	10.3.5	Feuerbüchsenkessel	119
7.2.1 Bemerkung	75	10.3.5.1	Grundlegende Bauarten	119
7.2.2 Die Hauptteile der Feuerung	77	10.3.5.2	Lokomobilenkessel mit „vorgehenden“ Rauchrohren	120
7.2.3 Die Feuerungsarten	81	10.3.5.3	Lokomobilenkessel mit „rückkehrenden“ Rauchrohren	126
7.2.3.1 Unterscheidungsmerkmale	81	10.3.5.4	Lokomobilenkesseln mit besonderen Feuerbüchsenkonstruktionen	126
7.2.3.2 Lage des Feuerbetts	81	10.3.6	Liegende Wasserrohrkessel	126
7.2.3.3 Grad der Vollkommenheit der Verbrennung	83	10.3.7	Kombinierte Kessel	126
7.2.3.4 Art der Verbrennungsluftführung	83	10.4	Stehende Kessel	127
7.2.3.5 Art der Beschickung mit Brennstoffen	84	10.4.1	Kessel mit stehender Feuerbüchse und Quersiederohren (Quersiedekessel)	127
		10.4.2	Kessel mit stehender Feuerbüchse und Heizrohren (Heizrohrkessel)	130
		10.4.3	Kessel mit stehender Feuerbüchse und Wasserrohren	132
		10.4.4	Stehende Wasserrohrkessel	134
		10.4.5	Kessel-Sonderbauarten für ortsveränderliche Kraftmaschinen kleiner Leistung	135
		10.5	Schnellverdampfende Kessel	137
		10.6	Sofortverdampfende Kessel	139
		10.7	Sonderbauformen	141

10.8	Rauchkammer und Kamin	143	11.4.2.5	Ventilsteuerungen	230
10.8.1	Rauchkammern bei liegenden Kesseln	143	11.4.2.6	Kolbenventilsteuerungen	231
10.8.2	Rauchkammern bei stehenden Kesseln	145	11.4.2.7	Arbeitskolbensteuerungen	231
10.9	Kesselisolierung	147	11.4.2.8	Drosselsteuerungen	231
10.10	Sicherheitseinrichtungen bei Lokomobilenkesseln	151	11.4.3	Elemente der äußeren Steuerung	233
10.10.1	Bemerkung	151	11.4.3.1	Exzenterantriebe mit unveränderlicher Exzentrizität, direkt wirkend	233
10.10.2	Sicherheitsventile	153	11.4.3.2	Exzenterantriebe mit unveränderlicher Exzentrizität, indirekt wirkend	233
10.10.3	Wasserstandsanzeiger	155	11.4.3.3	Einfacher Exzenterantrieb mit manuell verstellbarer Exzentrizität	233
10.10.4	Probierhähne	159	11.4.3.4	Doppelter Exzenterantrieb mit manuell verstellbarer Zuordnung	234
10.10.5	Manometer	160	11.4.3.5	Achsenregulator	237
10.10.6	Schmelzsicherungen im Feuerraum	161	11.4.3.6	Fliehkraftregler	241
10.10.7	Speiserufer	161	11.4.3.7	Elemente der äußeren Steuerung für Ventile	245
10.10.8	Funkenfänger	162	11.4.3.8	Elemente der äußeren Steuerung für Drehschieber	245
10.10.9	Aschenlöscher	164	11.4.4	Änderung der Drehrichtung bei Lokomobilmaschinen	246
10.10.10	Signalpfeife, Signalklappe	164	11.5	Liegende Lokomobilmaschinen	249
10.10.11	Dampfabsperrenventile, Rohrbruchventile	165	11.5.1	Bemerkung	249
10.11	Einrichtungen zum Füllen und Nachspeisen	167	11.5.2	Grundbauarten	250
10.11.1	Bemerkung	167	11.5.3	Besonderheiten der Konstruktion	251
10.11.2	Druckerzeuger	169	11.5.3.1	Gestelle, Rahmen, Grundplatten, Geradführungen	251
10.12	Einrichtungen zur Reinigung und Pflege der Lokomobilenkessel	176	11.5.3.2	Dampfzylinder, Zylinderdeckel und Kolben	259
10.12.1	Bemerkung	176	11.5.3.3	Pleuelstangen (Treibstangen, Schubstangen)	269
10.12.2	Mannlöcher, entfernbare Dampfdomdecke	177	11.5.3.4	Kurbel, Kurbelwelle	272
10.12.3	Ausziehbare Innenkessel, entfernbare Kesselteile	177	11.5.3.5	Kurbelwellenlager	275
10.12.4	Schlamm- und Putzlöcher	178	11.5.4	Beispiele liegender Lokomobilmaschinen	277
10.12.5	Rauchkammertür	178	11.5.4.1	Maschinen verfahrbarer Lokomobile	277
10.12.6	Feuertür	178	11.5.4.2	Maschinen der Halblokobile	280
10.12.7	Ascheklappen	178	11.5.4.3	Maschinen für Kesseldampfmaschinen, Gewerbe- und Hausmaschinen	282
10.13	Ablasseinrichtungen	180	11.5.4.4	Sonderbauarten von Lokomobilmaschinen	283
10.14	Einrichtungen zur Überhitzung des Dampfes	181	11.5.5	Lokomobilmaschinen mit Kurbelschleifenantrieb	283
10.15	Einrichtungen zur Vorwärmung des Speisewassers	185	11.6	Stehende Lokomobilmaschinen	285
10.16	Beschickungseinrichtungen bei Lokomobilen	187	11.6.1	Bemerkung	285
10.16.1	Anpassung der Lokomobile an die Brennstoffe	187	11.6.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	285
10.16.2	Passive Beschickungseinrichtungen ohne Anpassung der Lokomobile	187	11.6.2.1	Maschinen verfahrbarer Lokomobile	285
10.16.3	Passive Beschickungseinrichtungen mit Anpassung der Lokomobile	188	11.6.2.2	Maschinen versetzbare oder verschiebbare Lokomobile	293
10.16.4	Aktive Beschickungseinrichtungen	189	11.6.2.3	Maschinen für Gewerbemotoren, Hausmaschinen u.a.m.	293
10.17	Abnahme der Lokomobilenkessel	191	12	Die Untergestelle der Lokomobile	295
10.17.1	Historische Entwicklung	191	12.1	Bemerkung	295
10.17.2	Gesetzliche Regelungen	195	12.2	Untergestelle verfahrbarer Lokomobile	296
11.	Die Lokomobilmaschinen	197	12.2.1	Besonderheiten der Konstruktion	296
11.1	Historische Entwicklung der Lokomobilmaschinen	197	12.2.2	Untergestelle zweiachsiger Lokomobile mit liegendem Kessel	302
11.2	Auslegung der Lokomobilmaschinen	199	12.2.2.1	Zweiachsige Untergestelle mit Lenkachse	302
11.3	Bauartenübersicht der Lokomobilmaschinen	203	12.2.2.2	Zweiachsige Untergestelle ohne Lenkachse	302
11.4	Steuerungen der Lokomobilmaschinen	215	12.2.3	Untergestelle zweiachsige Lokomobile mit stehendem Kessel	303
11.4.1	Bemerkung	215	12.2.4	Untergestelle einachsiger Lokomobile	303
11.4.2	Elemente der inneren Steuerung	217	12.3	Untergestelle verfahrbarer Lokomobile mit Sonderfunktionen	305
11.4.2.1	Flachschiebersteuerungen	217	12.4	Untergestelle verschiebbare oder versetzbare Lokomobile	306
11.4.2.2	Rundschiebersteuerungen	229	12.4.1	Bemerkung	306
11.4.2.3	Kombinierte Flach- und Rundschiebersteuerungen	230	12.4.2	Untergestelle verschiebbare Lokomobile	306
11.4.2.4	Drehschiebersteuerungen	230			

12.4.3	Untergestelle versetzbarer Lokomobilen	308	18.	Lokomobilen für besondere Einsatzfälle	463
13.	Abdampfkondensation	311	18.1	Bemerkung	463
13.1	Bemerkung	311	18.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	463
13.2	Wirkungsweise der Kondensation	302	19.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Landwirtschaft	467
13.3	Kondensation bei Lokomobilen	313	19.1	Die Verbreitung und die besonderen Anforderungen an Kraftmaschinen in der Landwirtschaft	467
14.	Lokomobilen, bei denen Dampfkessel und Dampfmaschinen eine bauliche Einheit bilden	317	19.2	Einsatz der Lokomobilen bei der Bodenkultur und Ernte	469
14.1	Bemerkung	317	19.3	Einsatz der Lokomobilen bei allgemeinen Hofarbeiten	471
14.2	Verfahrbare Lokomobilen auf zweiachsigen Rädergestellen	317	20.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Forstwirtschaft	475
14.2.1	Zweiachsige Lokomobilen mit lenkbarer Vorderachse	317	20.1	Die besonderen Anforderungen an Kraftmaschinen in der Forstwirtschaft	475
14.2.1.1	Lokomobilen mit liegendem Kessel	317	20.2	Einsatz der Lokomobilen bei stationären Arbeiten	476
14.2.1.2	Beispiele ausgeführter Maschinen mit liegendem Kessel	318	20.3	Einsatz der Lokomobilen bei Arbeiten im Wald	478
14.2.1.3	Lokomobilen mit stehendem Kessel	359	21.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen im Handel und Gewerbe	479
14.2.1.4	Beispiele ausgeführter Maschinen mit stehendem Kessel	360	21.1	Die besonderen Anforderungen an Kraftmaschinen im Handel und Gewerbe	479
14.2.1.5	Sonderbauformen	373	21.2	Einsatz der Lokomobilen	480
14.2.1.6	Beispiele ausgeführter Maschinen	373	22.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Bauwirtschaft, im Straßen- und Tiefbau	483
14.2.2	Zweiachsige Lokomobilen ohne Lenkung	377	22.1	Die besonderen Anforderungen	483
14.3	Verfahrbare Lokomobilen auf einachsigen Rädergestellen	381	22.2	Einsatz der Lokomobilen	484
14.3.1	Bauarten	381	23.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Industrie	487
14.3.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	381	23.1	Die besonderen Anforderungen	487
14.4	Verfahrbare Lokomobilen auf Gleisen	388	23.2	Einsatz der Lokomobilen	488
14.4.1	Bemerkung	388	24.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in sonstigen Bereichen	491
14.4.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	388	24.1	Die besonderen Anforderungen	491
14.5	Verschiebbare oder versetzbare Lokomobilen	391	24.2	Einsatz der Lokomobilen in sonstigen Bereichen	491
14.5.1	Bemerkung	391	25.	Das Ende der Entwicklung von Lokomobilen im deutschsprachigen Raum	493
14.5.2	Bauarten der Halblokomobilen	393	25.1	Bemerkung	493
14.5.3	Beispiele ausgeführter Maschinen	394	25.2	Ortsveränderliche elektrische Kraftmaschinen	493
14.5.4	Bauarten der Maschinen mit stehendem Kessel (Kesseldampfmaschinen)	419	25.3	Ortsveränderliche Kraftmaschinen mit Verbrennungsmotor	496
14.5.5	Beispiele ausgeführter Maschinen	420	25.4	Ortsveränderliche Kraftmaschinen mit Druckwasserbetrieb	496
14.5.6	Sonderbauarten	440	26.	Quellen- und Literaturverzeichnis	497
14.6	Tragbare Lokomobilen	441	26.1	Allgemeine Hinweise	497
14.6.1	Bemerkung	441	26.2	Verwendete Literatur	498
14.6.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	441	26.3	Verzeichnis der Bildquellen	502
15.	Lokomobilen, bei denen Dampfkessel, Dampfmaschine und Arbeitsmaschine eine bauliche Einheit bilden	445	27.	Anhänge	
15.1	Bemerkung	445	27.1	Gesetzliche Regelungen über Dampfkessel	
15.2	Ortsveränderung durch verfahrbare Maschinen auf Rädergestellen	445	27.2	Dienstvorschrift für Maschinisten	
15.3	Ortsveränderung durch verfahrbare Maschinen auf Gleisen	455	27.3	Vergleich der Maße verschiedener Länder mit dem metrischen Maß	
15.4	Ortsveränderung durch verschiebbare oder versetzbare Maschinen	456	27.4	Umrechnung einiger gebräuchlicher älterer Maße	
16.	Lokomobilen, bei denen Dampfkessel und Dampfmaschine zwei Baueinheiten bilden	457	27.5	Drücke und Gewichtseinheiten je Flächeneinheit	
16.1	Bemerkung	457	27.6	Pferdestärken	
16.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	457	27.7	Aufstellen und Einrichten einer Lokomobile	
17.	Lokomobilen, bei denen der Dampfkessel eine Baueinheit ist und die Dampfmaschine mit der Arbeitsmaschine eine zweite Baueinheit bilden	459			
17.1	Bemerkung	459			
17.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	459			

Die Zylinder bei einer Parallelanordnung waren im Guss und in der Fertigung aufwendiger. Die Kurbelwelle bei dieser Anordnung besaß zwei Kurbeln. Bei günstiger Wahl des Kurbelwinkels waren die bewegten Massen gering und der Lauf der Maschine sehr gleichmäßig. Im dargestellten Beispiel wurden die Zylinder über Kolbenschieber gesteuert (nicht eingezeichnet). Der Kolbenschieber zwischen dem Hochdruckzylinder HDZ und dem Niederdruckzylinder NDZ steuerte den Dampfauslass des Hochdruckzylinders HDA und gleichzeitig den Dampfeinlass NDE in den Niederdruckzylinder. Der Niederdruckauslass NDA erfolgte durch Öffnungen in der Mitte des Niederdruckzylinders. Der Mittlere Kolbenschieber steuerte auch den Niederdruckhilfsauslass NDHA.

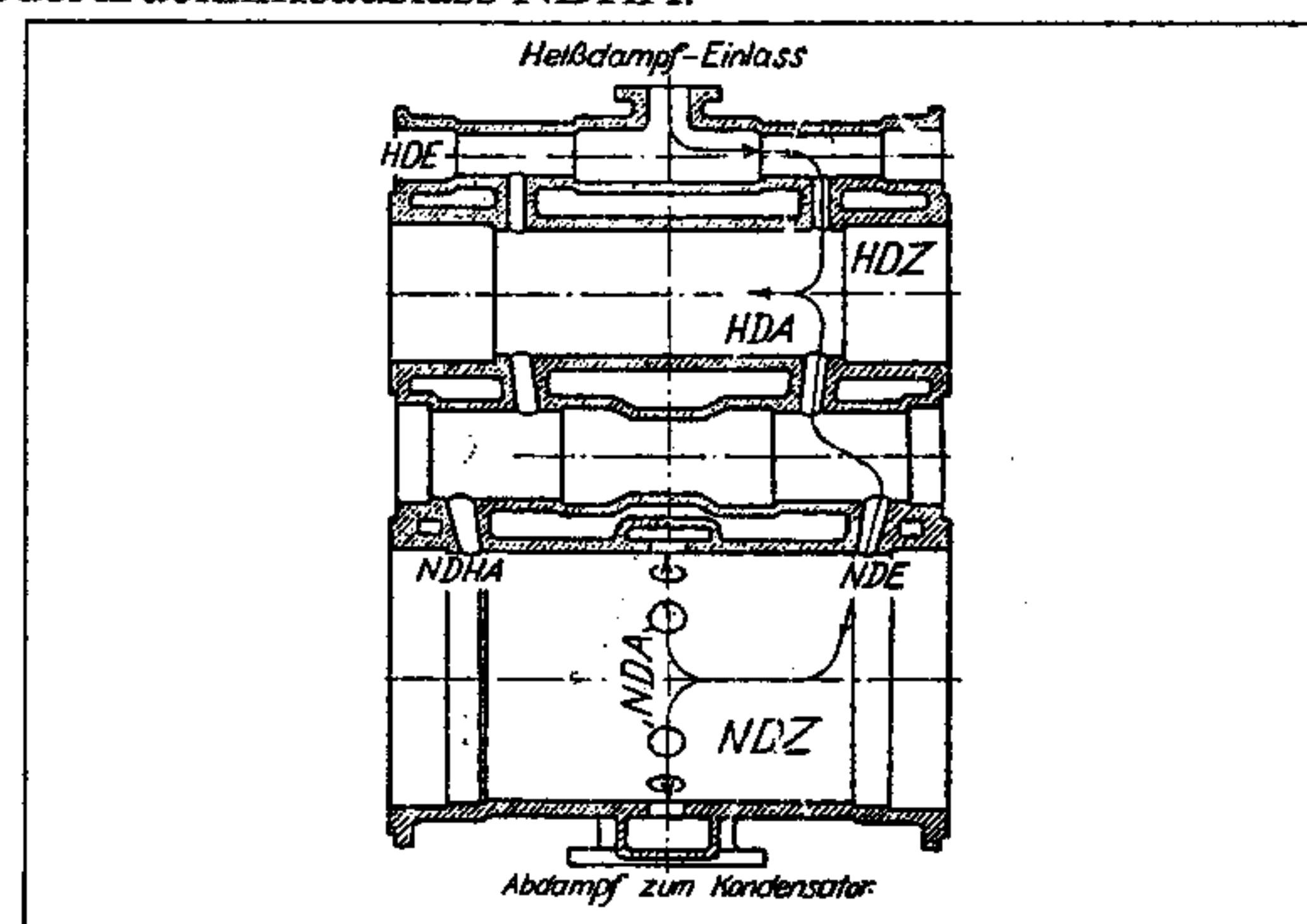


Bild 11.5.3.2/9:
Prinzipielle Zylinderanordnung
einer parallel arbeitenden
Heißdampf-Verbundlokomobile
(R. Wolf, um 1908)

Die Dampfwege in den Verbundzylindern einer Heißdampfmaschine der Firma Henschel & Sohn aus dem Jahr 1920 zeigt nachfolgendes Bild. Der Dampf aus dem Hochdruckzylinder wurde über einen Aufnehmer (Receiver) in den Niederdruckzylinder geleitet.

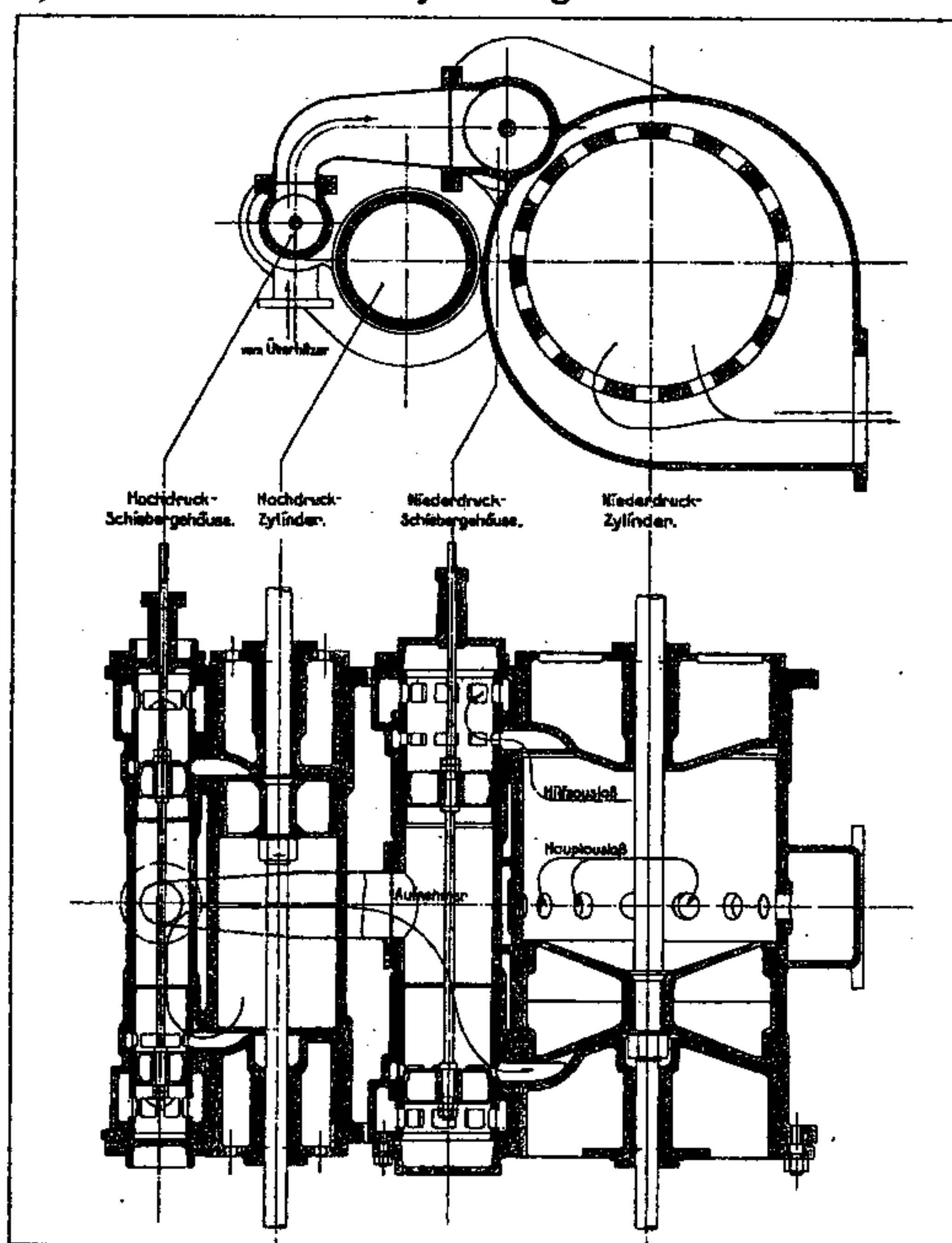
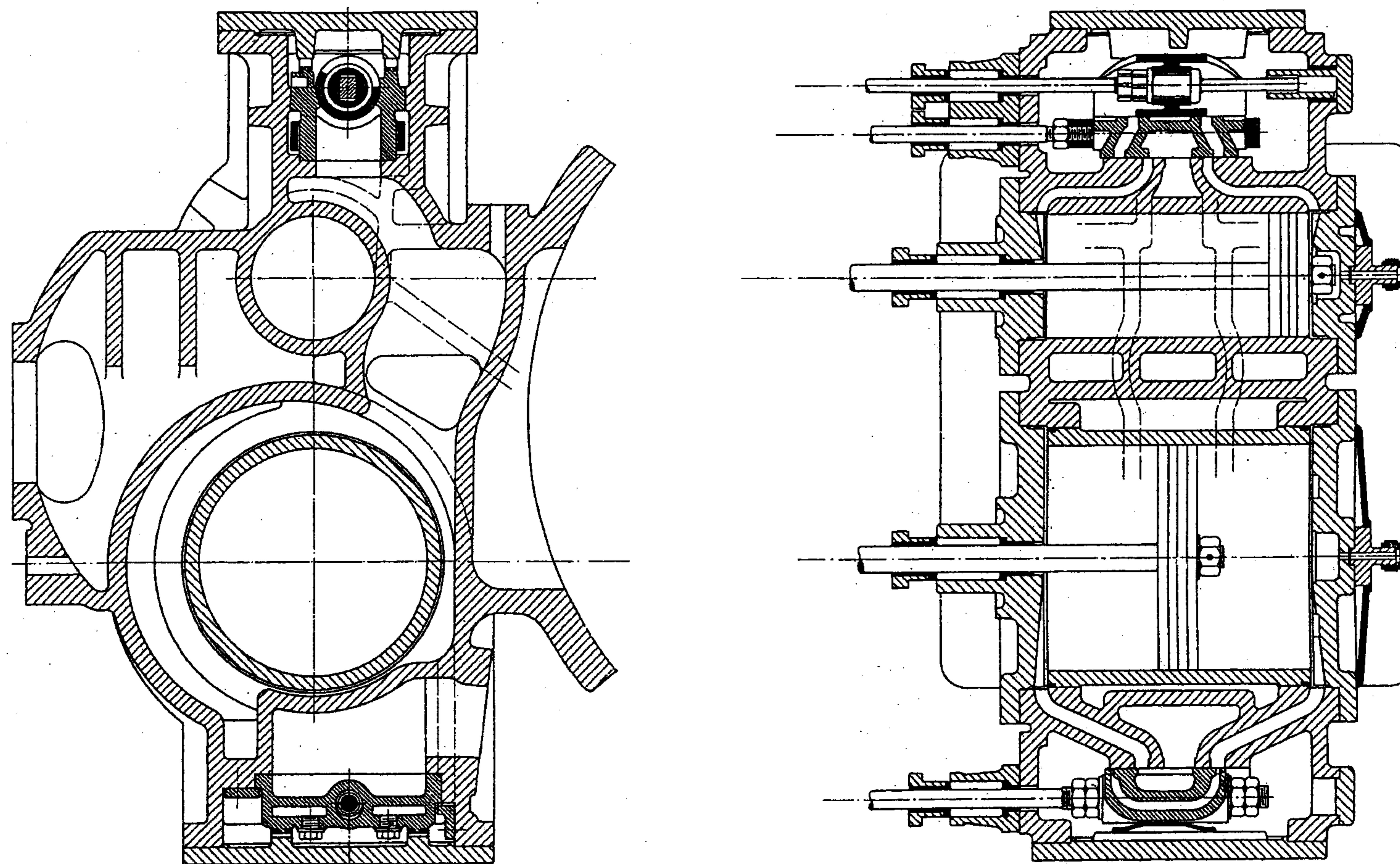


Bild 11.5.3.2/10:
Schnitt und Dampfwege
durch die Zylinder einer
Verbundlokomobile
(Firma Henschel & Sohn, 1920)

In der Tafel 11.5.3.2/4 ist der Ausschnitt einer Konstruktionszeichnung eines Verbundzylinders wiedergegeben, der von der Maschinenfabrik R. Wolf um 1906 verwendet wurde. Die Bauweise war typisch für Wolfsche Halblokomobile größerer Leistung. Die Hoch- und Niederdruckzylinder waren seitlich im Dampfdom untergebracht. Dampfdom und Zylinder bildeten eine Einheit. Mit dem Hochdruck-Schieberkasten war durch einen Überströmkanal ein Aufnehmer (Receiver) verbunden. Der Aufnehmer umschloss den gesamten Niederdruckzylinder. Im Niederdruckzylinder war ein Einsatzzylinder (Laufzylinder) eingebaut. Das vereinfachte den Guss. Die Steuerung lag außen und war von beiden Seiten gut zugänglich. Der Hochdruckzylinder hatte Ridersteuerung, der Niederdruckzylinder eine einfache Flachschiebersteuerung.

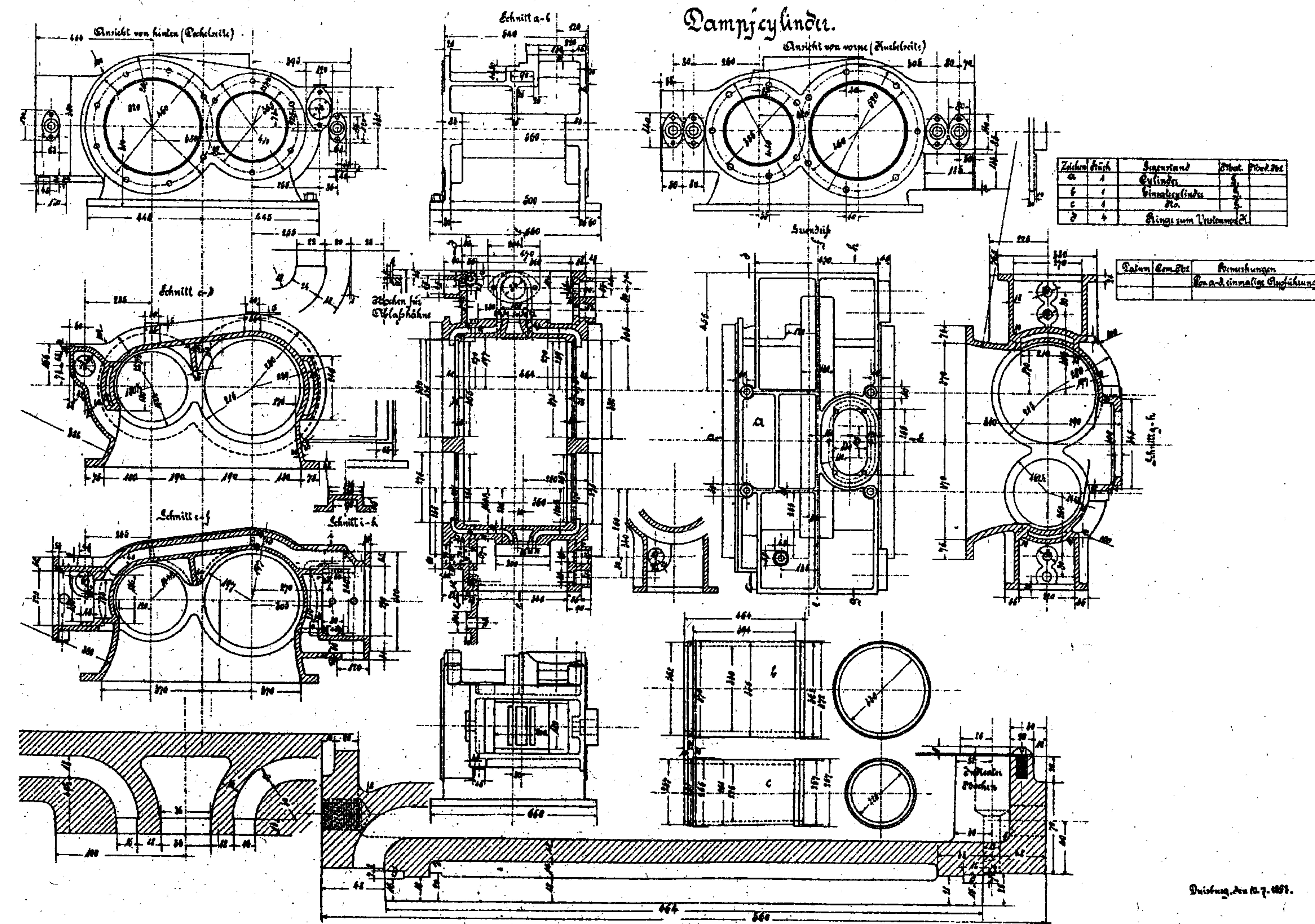
In der Tabelle 11.5.3.2/5 ist exemplarisch die Originalzeichnung eines Dampfzylinders einer Verbundmaschine dargestellt. Die Maschine besaß einen Hub von 400 mm. Der Hochdruckzylinder hatte einen Durchmesser von 220, der Niederdruckzylinder einen von 330 mm. Die Leistung lag bei 50 PS. Der Zylinder hatte keinen Dampfmantel. Die Kolben liefen in separaten Einsatzzylinfern. Die Maschine hatte Doppelschiebersteuerungen.



Tafel 11.5.3.2/4: Heißdampfzylinder einer Verbundmaschine
mit Rider- und Flachschiebersteuerung
(Hersteller: R. Wolf, um 1906)

Compound-Locomotive, $L = 11\frac{1}{2}$ m, $C_D = 400$.

Dampfzylinder.



Tafel 11.5.3.2/5: Konstruktionszeichnung des Dampfzylinders
einer Verbundmaschine (um 1897, Ausschnitt)

Am Dampfzylinder war eine Reihe von zusätzlichen Bauelementen vorzusehen, ohne die eine ordnungsgemäße Funktion nicht gewährleistet werden konnte. Zum Ablassen des Kondensationswassers waren notwendig:

- 2 Hähne an den tiefsten Stellen der beiden Zylinderenden,
- ggf. ein Hahn am Schieberkasten
- bei Zylindern mit Dampfmantel ein Hahn an der tiefsten Stelle des Dampfmantels.

Zur Aufnahme der Hähne waren entsprechende Augen am Gussteil des Zylinders vorhanden. Die Entwässerungshähne (Kondenshähne) dienten zum Ablassen des Kondensationswassers. Das Wasser wurde meist über dünne Rohrleitungen an Stellen geführt, wo das ölhaltige Kondenswasser nicht störte. Die Hahnanschlüsse lagen an den tiefsten Stellen an beiden Zylinderenden. Sie durften zwar gemeinsam über Hebelmechanismen betätigt werden, aber der Abfluss musste einzeln erfolgen können. Abflussrohre durften nicht zusammen geführt werden. Die Enden der Abflussrohre mussten frei sein. Sie durften nicht in Wasser eintauchen.

Bei größeren Lokomobilmaschinen war es üblich, die Anschlüsse für den Indikator am Zylinder vorzuhalten. Damit war es möglich, ohne Umbauten das Indikatordiagramm der Maschine aufzunehmen. An beiden Zylinderenden waren dazu Augen mit Verschlusschrauben aus Rotguss oder Bronze vorzusehen. Sie mussten während des gesamten Hubs der Maschine frei liegen. Die Achse der Augen sollte, um Wasseransammlungen zu vermeiden, nicht waagerecht liegen, sondern leicht schräg ansteigend. Sie sollte nicht an den tiefsten Stellen liegen. Die Gewinde für die Druckaufnehmer des Indikators waren einheitlich und mussten der Größe (Leistung) der Lokomobilmaschine angepasst werden.

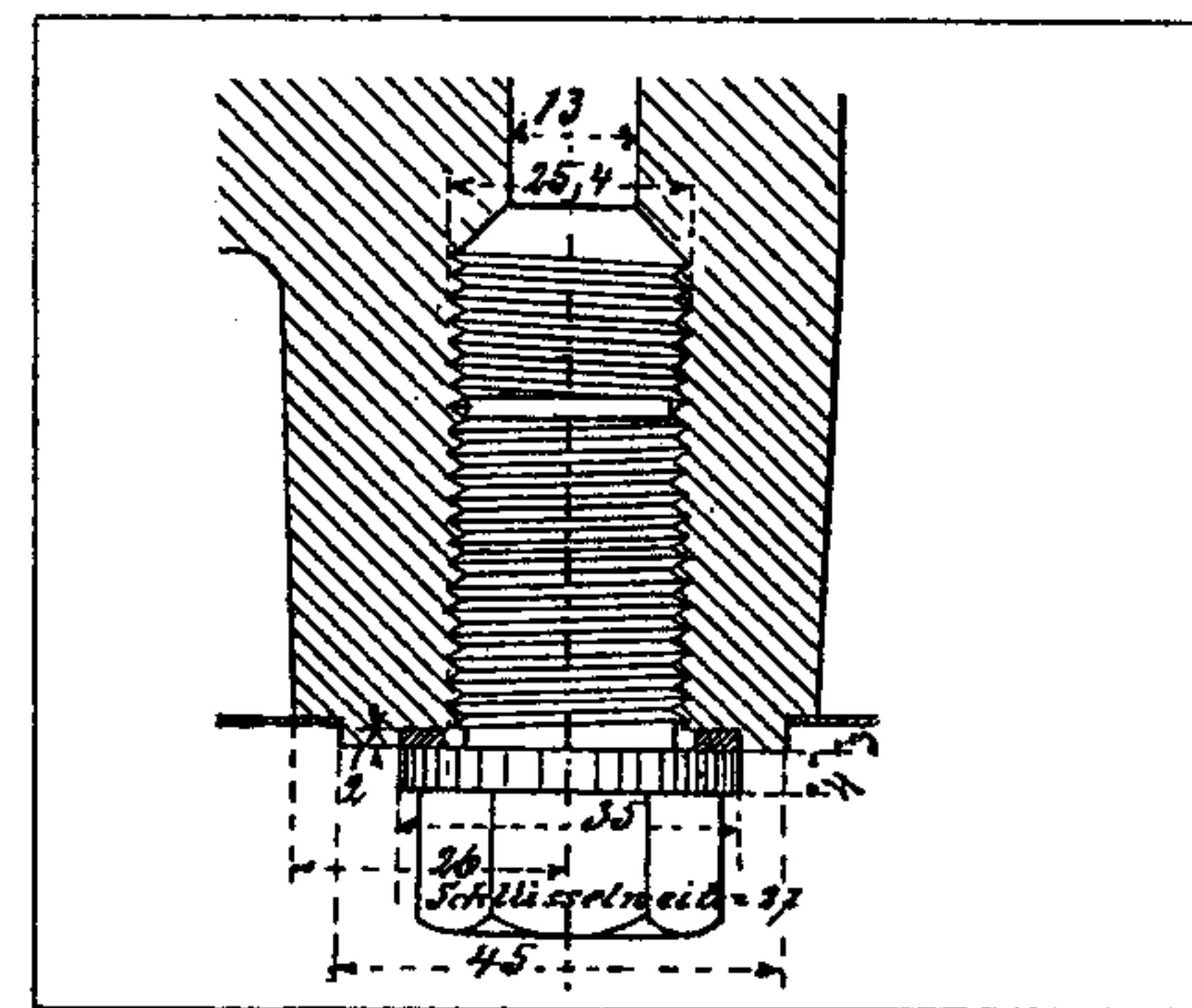


Bild 11.5.3.2/11:
Einheitsanschluss für den
Indikator am Dampfzylinder

Als weitere Bauelemente kamen ggf. noch

- ein separater Zylinderöler,
- zwei separate Zylinder-Sicherheitsventile,
- und ggf. noch sogenannte „Wassersäcke“ mit Verschlusschrauben hinzu..

Um „Wasserschläge“ sicher zu vermeiden konnten im Bedarfsfall besondere Sicherheitsventile direkt am Zylinder verbaut werden. Sie saßen an den tiefsten Stellen am Zylinder. Es gab diese Ventile auch in Kombination mit Ablashähnen.

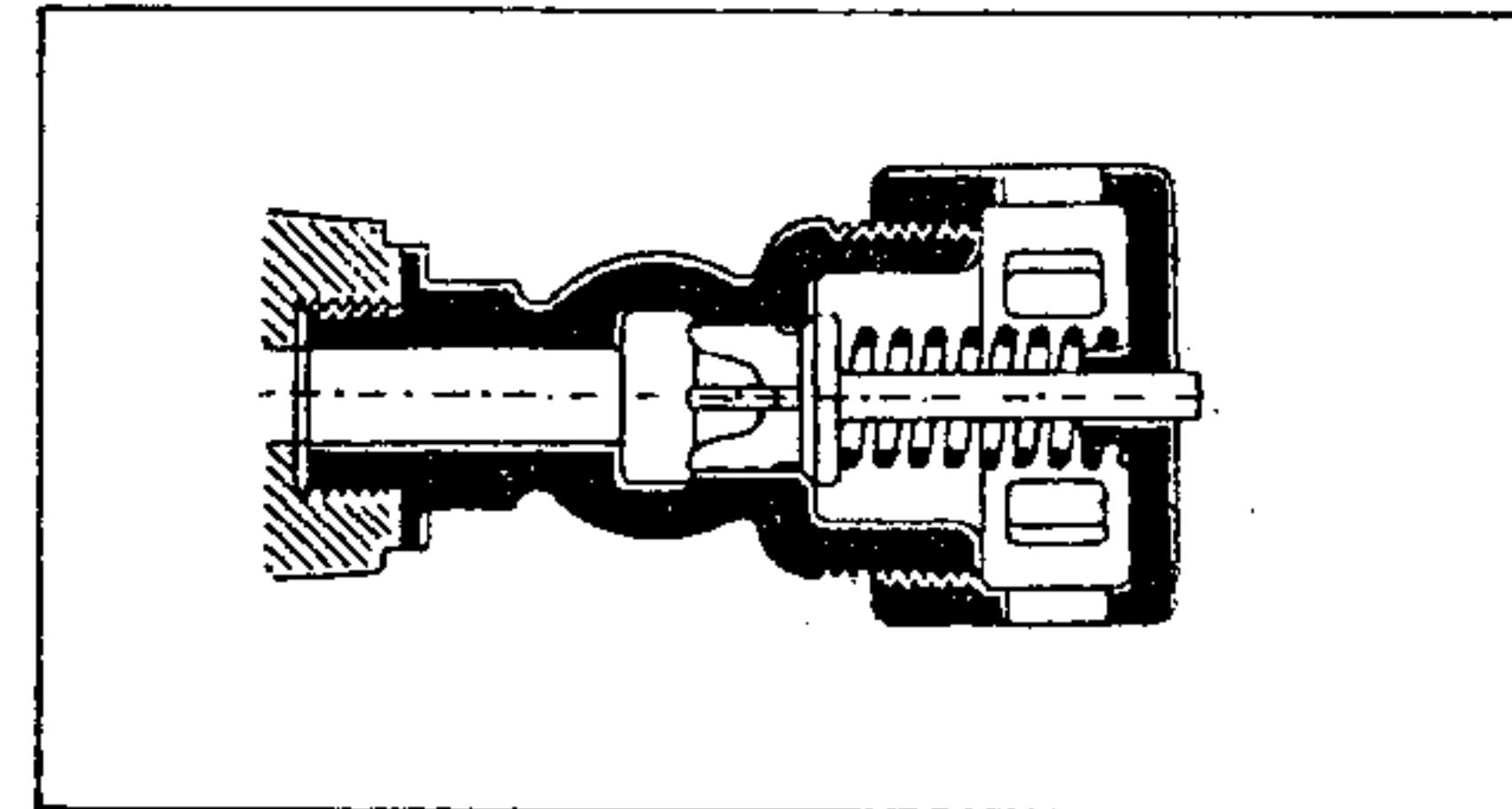


Bild 11.5.3.2/12:
Separates Zylinder-Sicherheitsventil

Es war üblich, besondere „Taschen“ im nicht vom Kolben überstrichenen Bereich zur Aufnahme von restlichem Kondenswasser vorzusehen. Diese „Wassersäcke“ lagen ebenfalls an den tiefsten Stellen im Zylinder

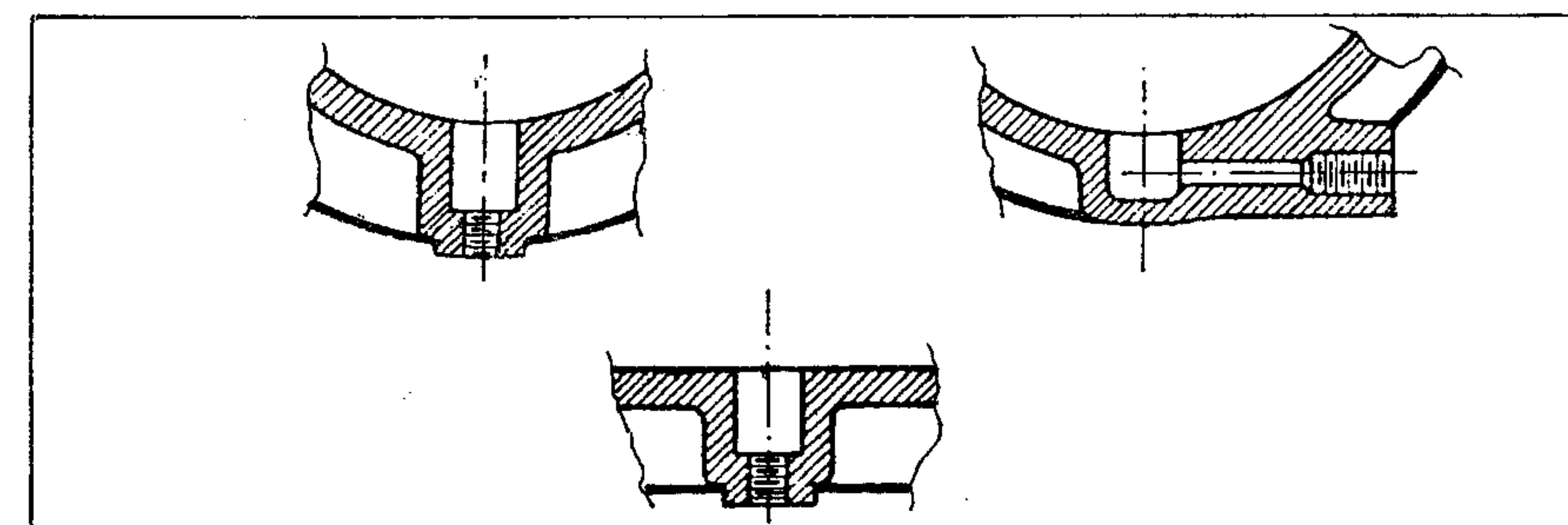


Bild 11.5.3.2/13: Ausführung von „Wassersäcken“ am Dampfzylinder

Die Schmierung des Zylinders während des Betriebes bereitete erhebliche Probleme. Insbesondere bei Heißdampfmaschinen waren ggf. besondere Einrichtungen zur Schmierung vorzusehen. Bei verfahrbaren Lokomobilen verwendete man einfache und sicher zu bedienende Einrichtungen. Bei Halblokobilen, die im Dauerbetrieb liefen und nur von einer Person überwacht wurden, kamen selbsttätige Schmiereinrichtungen zum Einsatz. Die einfachste Einrichtung war die Schmierung mit einem Zylinderöler. Das Schmiergefäß mit Doppelküken wurde in der Mitte des Zylinders angeordnet. Das Nachschmieren erfolgte nach den Erfahrungen der Bedienperson. In einigen Fällen war auch ein Öler mit Doppelküken auf dem Schieberkasten erforderlich.

Bessere und zuverlässiger Wirkung erreichte man mit mechanischen Selbstörlern, die beispielsweise bei jeder Hub- oder Schieberbewegung ein kleines Quantum Schmieröl an die zu ölende Stelle führten.

Bei größeren Halblokobilen setzte man auch gesonderte Schmierapparate ein. Sie leiteten über eine Vielzahl an dünnen Rohrleitungen eine genau festgelegte Ölmenge an die zu schmierende Stelle. Sie konnten auch bei Schmierstellen eingesetzt werden, die unter Druck standen. Diese Schmierapparate gab es als Zukaufteile von einer Reihe spezialisierter Hersteller (z.B. Maschinenfabrik W. Ritter, Altona; Armaturenfabrik Herm. Wintzer, Halle; Maschinenfabrik Mollerup u.a.m.).

Anmerkung:

Im Bild 15.5.3.2/14 sind zwei Arten von Zylinderölern dargestellt. Die linke Darstellung zeigt einen einfachen Öler für manuellen Betrieb, die rechte einen selbsttätig arbeitenden. Bei dem einfachen Öler wurde mit der Kanne das Öl in die obere Vase eingefüllt. Wenn der obere Hahn geöffnet wurde, floss das Öl in die mittlere Hohlkugel. Danach schloss man den oberen Hahn und öffnete kurzzeitig den unteren. Die freigegebene Ölmenge wurde dann durch die Kolbenbewegung nach unten in den Zylinder abgesaugt. Die Bedienung erforderte viel Erfahrung. Der selbsttätige Öler nutzte die Kondensation des Dampfes im Öler. Die Befüllung erfolgte ähnlich wie beim manuellen Öler. Der in den Öler eintretende Dampf bildete Kondenswasser. Das Wasser sank nach unten, das leichtere Öl schwamm oben. Durch das mittlere Röhrchen wurde Öl in kleinen Mengen, ganz allmählich und kontinuierlich in den Zylinderraum geleitet. Diese Öler waren auch für die Schmierung von Schiebern u.ä. geeignet.

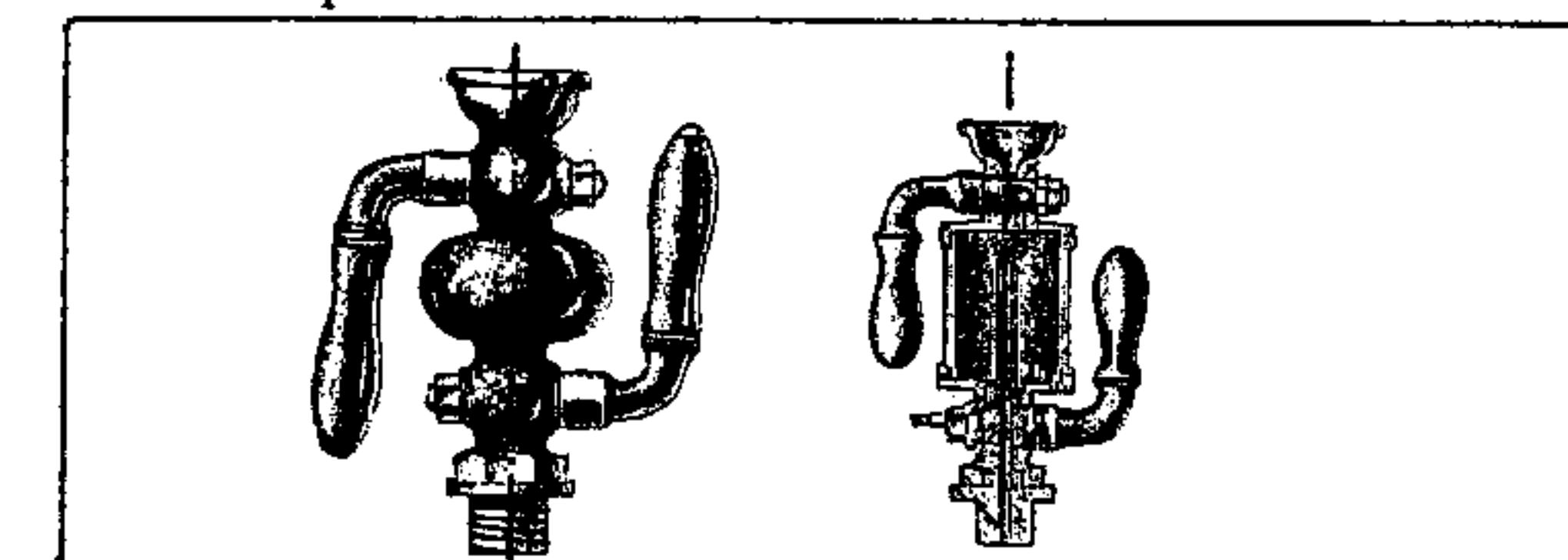


Bild 15.5.3.2/14: Zylinderöler (Beispiele)

11.5.3.3 Pleuelstangen (Treibstangen, Schubstangen)

Die Pleuelstangen waren das Verbindungsglied zwischen dem Kolben bzw. Kreuzkopf und der Kurbel. Einfach wirkende Maschinen hatten in der Regel keinen Kreuzkopf. Bei diesen kreuzkopflosen Maschinen verband die Pleuelstange direkt den Kolben mit der Kurbel. Die Ausführung der Pleuelstangen bei Lokomobilmaschinen unterschied sich nicht wesentlich von den Ausführungen der stationären Dampfmaschinen. Allerdings setzte man bei Lokomobilmaschinen generell Pleuelstangen mit Kreisquerschnitten ein. Pleuelstangen waren durch die Betriebskraft des Kolbens und die Fliehkräfte hoch beansprucht. Gleichzeitig mussten die hin- und hergehenden Massen so gering wie möglich gehalten werden. Diese widersprüchlichen Anforderungen versuchte man durch entsprechende Formgebung der Schäfte und sehr kompakter Stangenköpfe gerecht zu werden. Die stark auf Knickung belasteten, langen Stangenschäfte wurden als „Teile gleicher Knickfestigkeit“ ausgeführt, d. h. sie waren zur Schaftmitte gleichmäßig dicker ausgeführt („bombiert“). Unterschieden wurden die Pleuelstangen meist nach der Ausführung ihrer beiden Stangenköpfe. Es gab geschlossene und offene Stangenköpfe, nicht gegabelte und gegabelte Köpfe. Hoch beanspruchte Pleuelstangen besaßen nachstellbare Lager. Durch die Nachstellung durfte sich die Stangenlänge nach Möglichkeit nicht ändern.

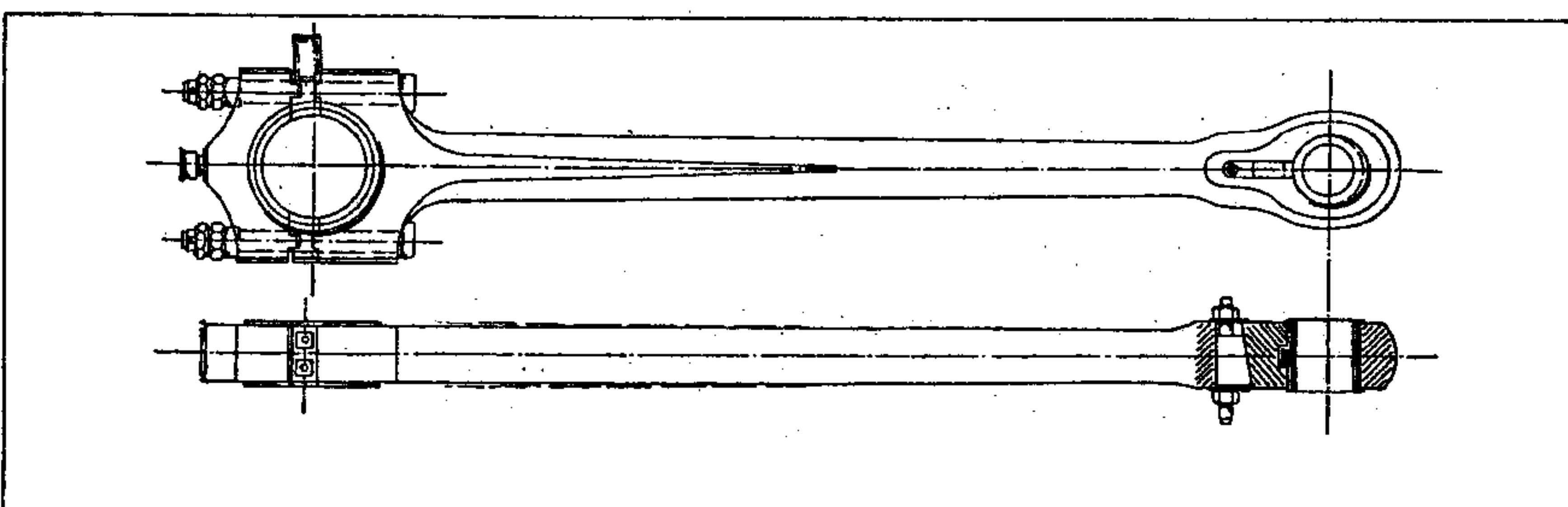


Bild 11.5.3.3/1: Beispiel einer Pleuelstange mit offenem Kopf an der Kurbelwellenseite

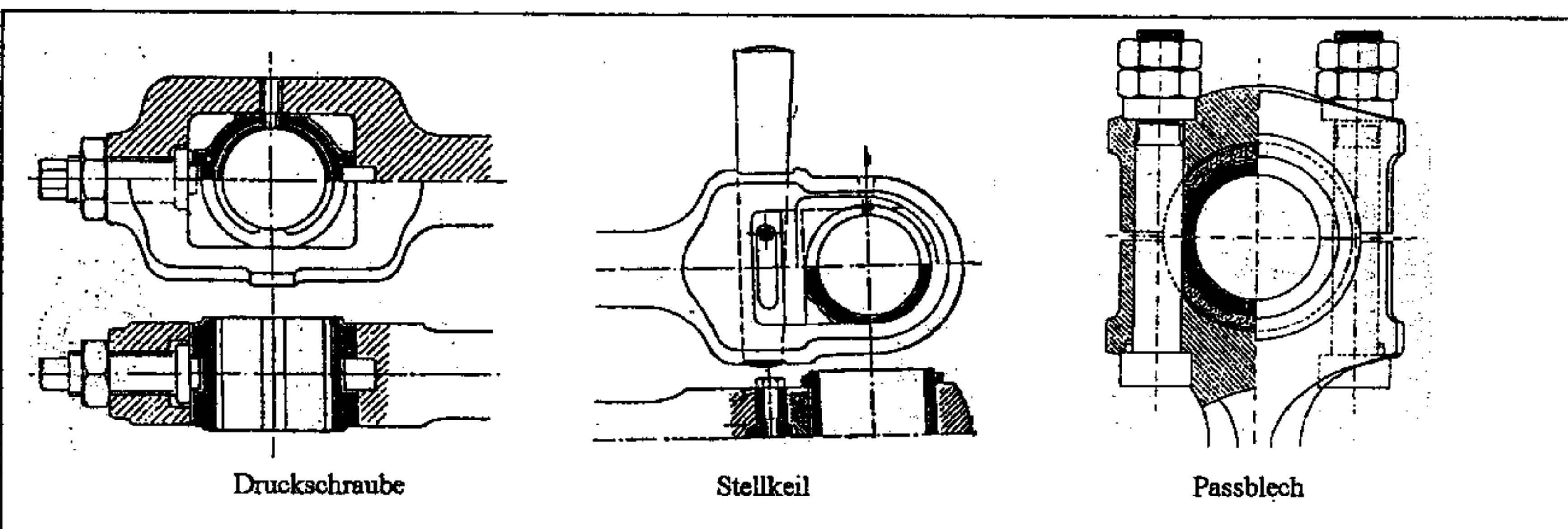


Bild 11.5.3.3/2: Nachstellbare Lager an Pleuelstangen (Auswahl)

Geschlossene Köpfe konnten nur bei einseitig offenen Kurbeln, beispielsweise Stirnkurbeln oder Scheibenkurbeln verwendet werden. Die geschlossene Kreuzkopfseite war entweder als Auge geformt oder als Gabel. Die geschlossene Kurbelwellenseite immer als Auge. Die Lagerschalen waren wegen des starken Verschleißes auswechselbar. Bei größeren Maschinen gab es auch nachstellbare Lagerschalen. Bei der Anordnung der Nachstellungen musste beachtet werden, dass der Verschleiß „in einer Richtung“ erfolgte. Wenn das nicht der Fall war, änderte sich beim Nachstellen die Stangenlänge.

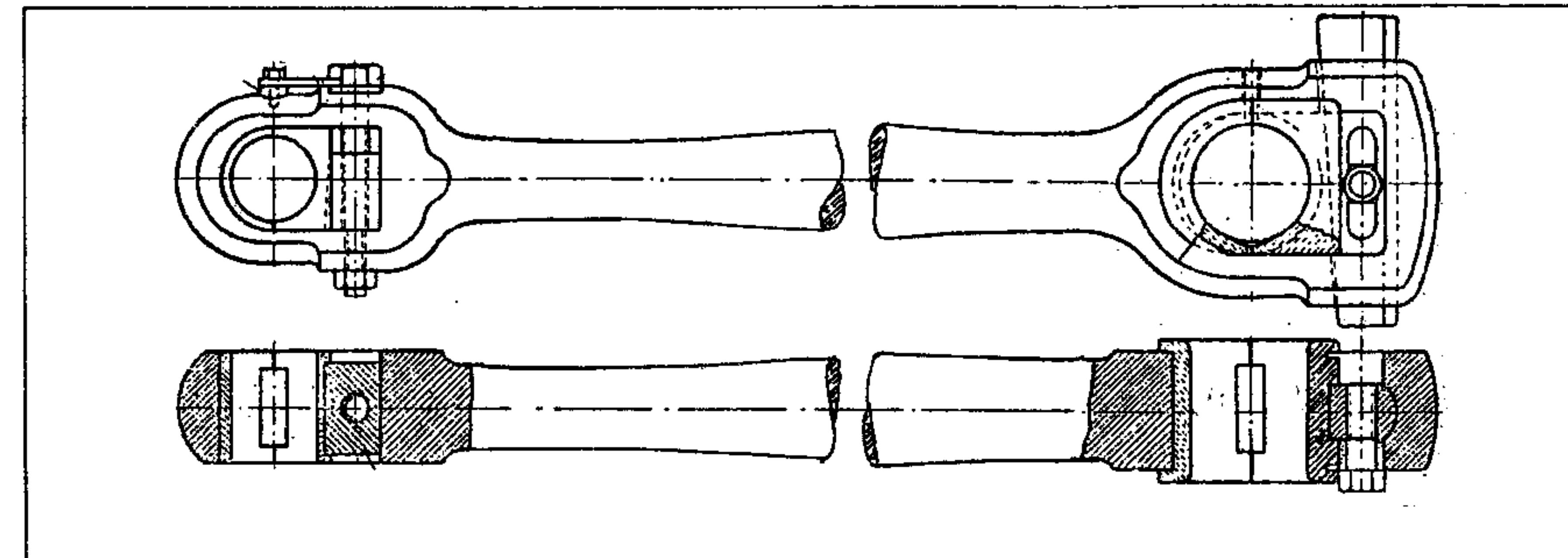


Bild 11.5.3.3/3: Pleuelstange mit geschlossenen Köpfen und konstanter Stangenlänge
(Nachstellung der Lagerschalen „in einer Richtung“)

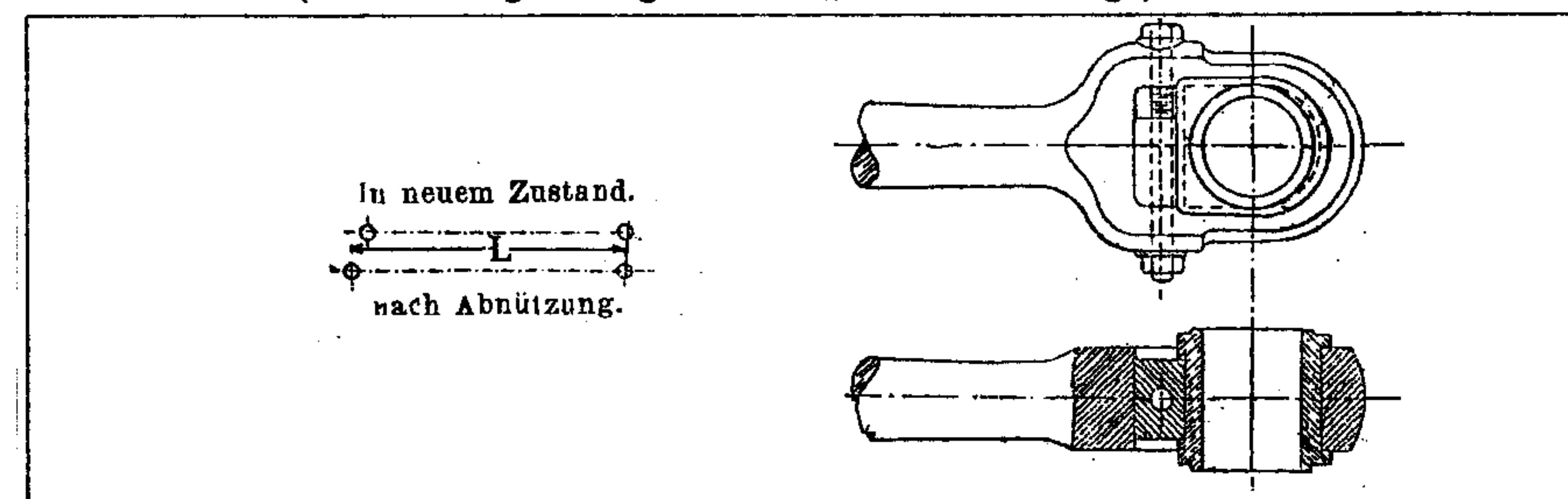


Bild 11.5.3.3/4: Stangenkopf für obige Pleuelstange mit nicht konstanter Stangenlänge
(Nachstellung vergrößert die Stangenlänge)

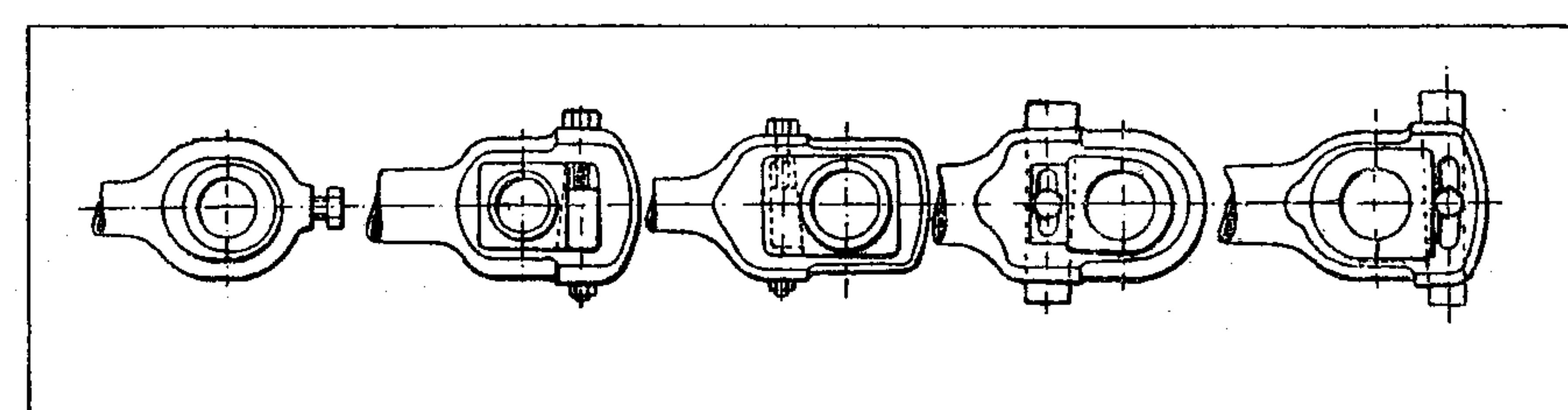
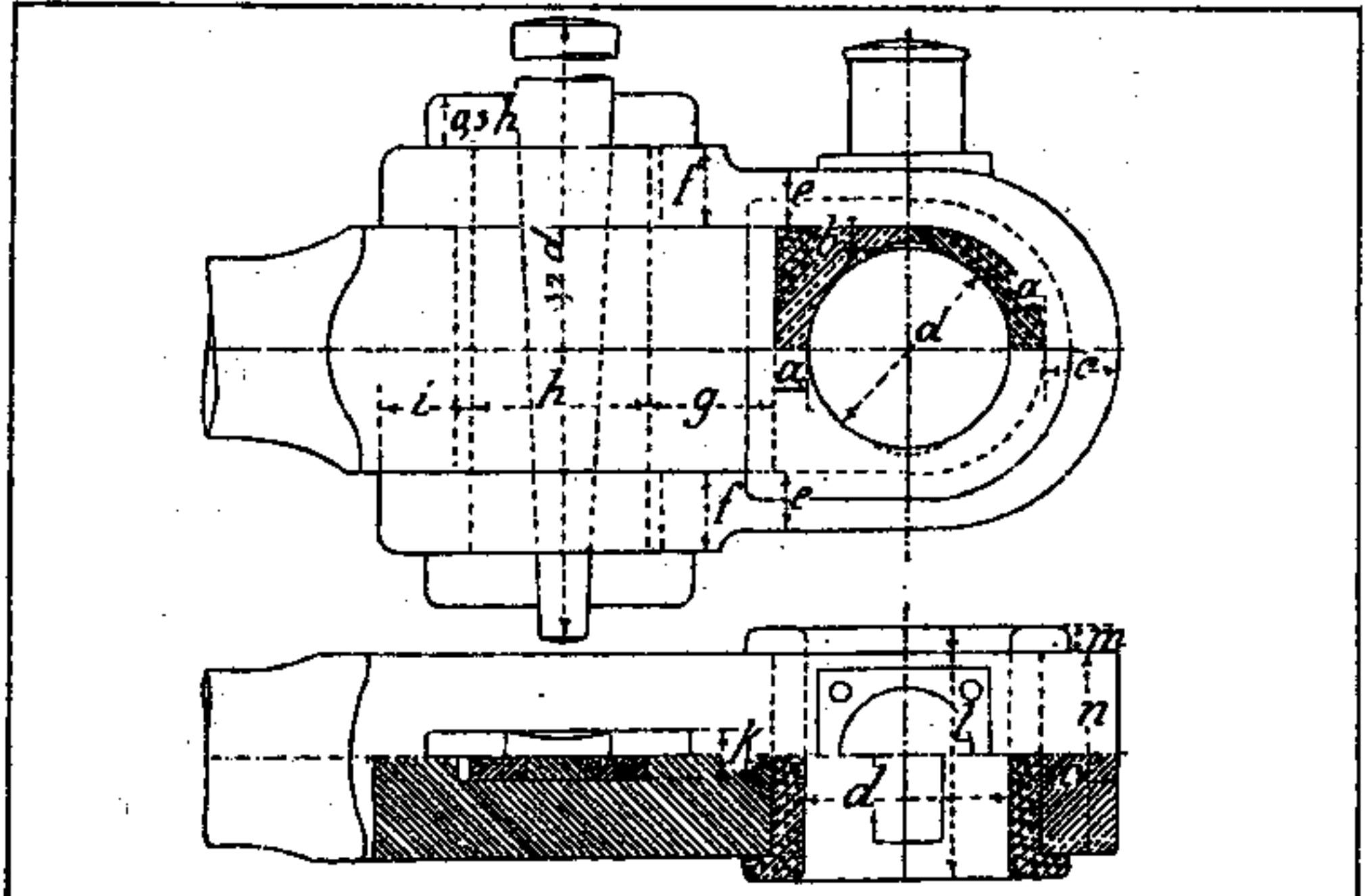
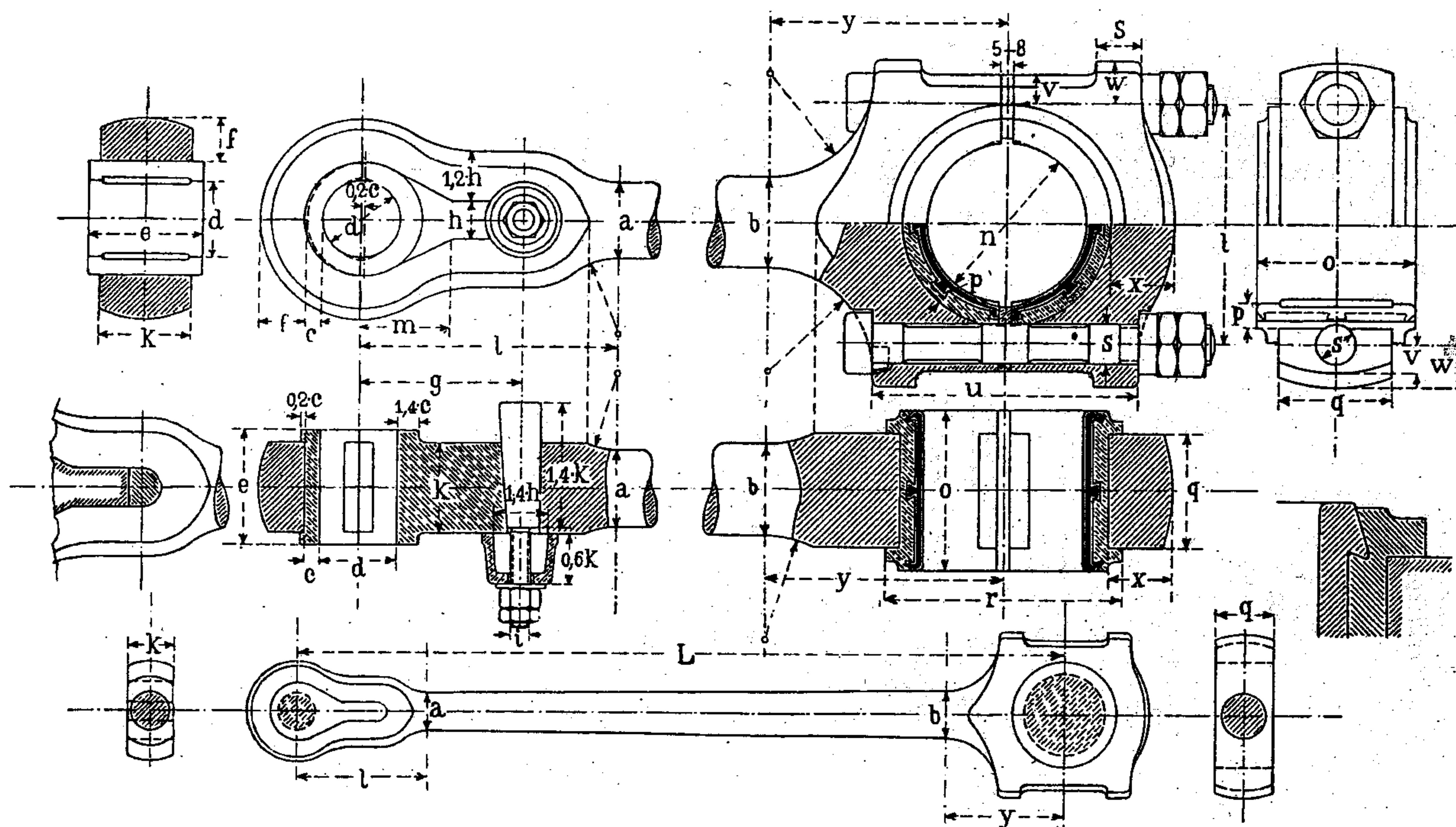


Bild 11.5.3.3/5: Unterschiedliche Ausführungen geschlossener Stangenköpfe

Offene Stangenköpfe mussten bei gekröpften Kurbelwellen verwendet werden. Der obere Teil des Stangenkopfes an der Kurbelwellenseite war für die Montage bzw. Demontage abnehmbar. Es gab offene Stangenköpfe in zwei Grundausführungen, zum einen Köpfe mit Kappen (Kappenköpfe) und zum anderen sogenannte „Schiffsköpfe“. Bei den Kappenköpfen war der gesamte Kopfteil mit Lagerschalen entferbar. Je nach Ausführung konnte sich die Stangenlänge beim Nachstellen des Verschleißes vergrößern, verkleinern oder unverändert bleiben.





Maschine	Schaft				Kreuzkopfseite										Kurbelseite											
	H	D	L	a	b	d	e	c	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x
120 75	75	360	20	26	20	30	5	12	45	10	8	24	70	25	40	40	8	28	65	13	65	75	11	15	20	70
160 90	90	480	27	33	28	42	6	15	60	13	10	34	95	34	50	50	10	35	80	13	80	95	12	17	24	80
200 120	120	600	33	40	35	52	7	18	75	17	12	42	120	42	65	65	11	45	98	16	100	110	13	18	28	100
250 160	160	740	40	48	40	60	8	22	85	20	13	48	135	48	80	80	13	55	118	20	120	130	15	22	32	120
300 190	190	880	46	55	45	68	9	25	95	22	13	55	155	54	95	95	15	66	138	26	145	155	18	26	37	140
350 225	225	1000	50	60	50	75	10	30	105	25	16	60	170	60	105	105	16	75	155	26	158	175	18	28	42	155
400 250	250	1130	56	66	55	80	8	30	28	165	110	65	16	120	120	18	85	175	29	180	195	20	30	47	175	
450 275	275	1240	60	70	60	85	9	32	30	175	118	70	16	130	130	19	95	192	35	200	220	25	35	52	190	
500 300	300	1350	64	75	70	90	10	35	32	190	125	75	20	140	140	20	100	210	40	215	240	28	40	56	210	

Tafel 11.5.3.3/1:
Auslegung einfacher Pleuelstangen
für kleinere Maschinen
(Kurbelwellenseite mit Schiffskopf,
Kreuzkopfseite mit geschlossenem Auge.
Erfahrungswerte, um 1902)

11.5.3.4 Kurbel, Kurbelwelle

Kurbelwellen bei Lokomobilmaschinen waren hoch beanspruchte, große, gewichtsintensive Bauteile. Die Anforderungen an die Kurbelwellen unterschieden sich stark. Kurbelwellen für verfahrbare Lokomobile sollten bei genügender Festigkeit ein möglichst geringes Gewicht aufweisen. Sie waren häufig „in einem Stück“ aus Rundmaterial geschmiedet. Man vermied soweit es ging schwere Gegengewichte zum Massenausgleich. Für die Kurbelwellen von Halblokocomobilen galten andere Anforderungen. Das Gewicht spielte eine untergeordnete Rolle. Wichtiger war beispielsweise die „Laufruhe“ der Maschine. Die Kurbelwellen waren häufig gegossen. Zum Massenausgleich besaßen sie angegossene Gegengewichte. Des Weiteren waren Elemente der äußeren Steuerung häufig in die Kurbelwelle integriert. Ein Beispiel dafür sind die mit einer Kurbelwange verbundenen Achsenregler. Bei Lokomobilmaschinen können allgemein zwei Arten von Kurbelwellen unterschieden werden, Kurbelwellen mit Stirnkurbeln (Scheibenkurbeln) und gekröpfte Kurbelwellen.

1. Stirnkurbeln

Bei kleinen Lokomobilmaschinen mit Ein- und Zweizylindertriebwerken waren Stirnkurbeln. Die zugehörigen Wellen konnten gerade ausgeführt werden. Die Herstellung und Montage der Teile war einfach. Die Stirnkurbeln besaßen einen Kurbelarm (Kurbelwange) mit Kurbelzapfen oder sie waren als Scheibe mit einem Kurbelzapfen ausgeführt. Der Kurbelzapfen war wechselseitig auf Biegung beansprucht. Er musste sorgfältig im Kurbelarm oder der Kurbelscheibe befestigt werden. Durch den wechselnden Gestängedruck neigte er zum lockern. Im Allgemeinen wurde die Zapfenaufnahme konisch ausgeführt, entweder von außen montierbar oder von der Innenseite. Die zweite Variante war vorzuziehen, sie war „selbsttretend“. Durch die Belastung zog sich der Konus immer fester.

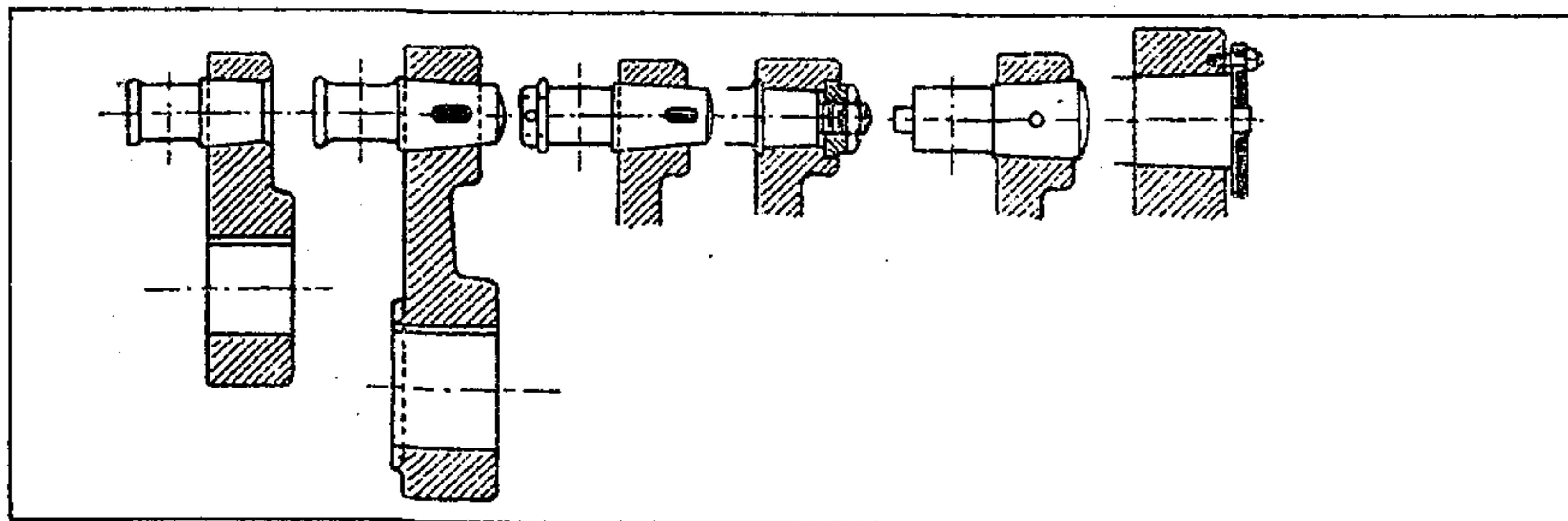


Bild 11.5.3.4/1: Befestigungsarten des Kurbelzapfens

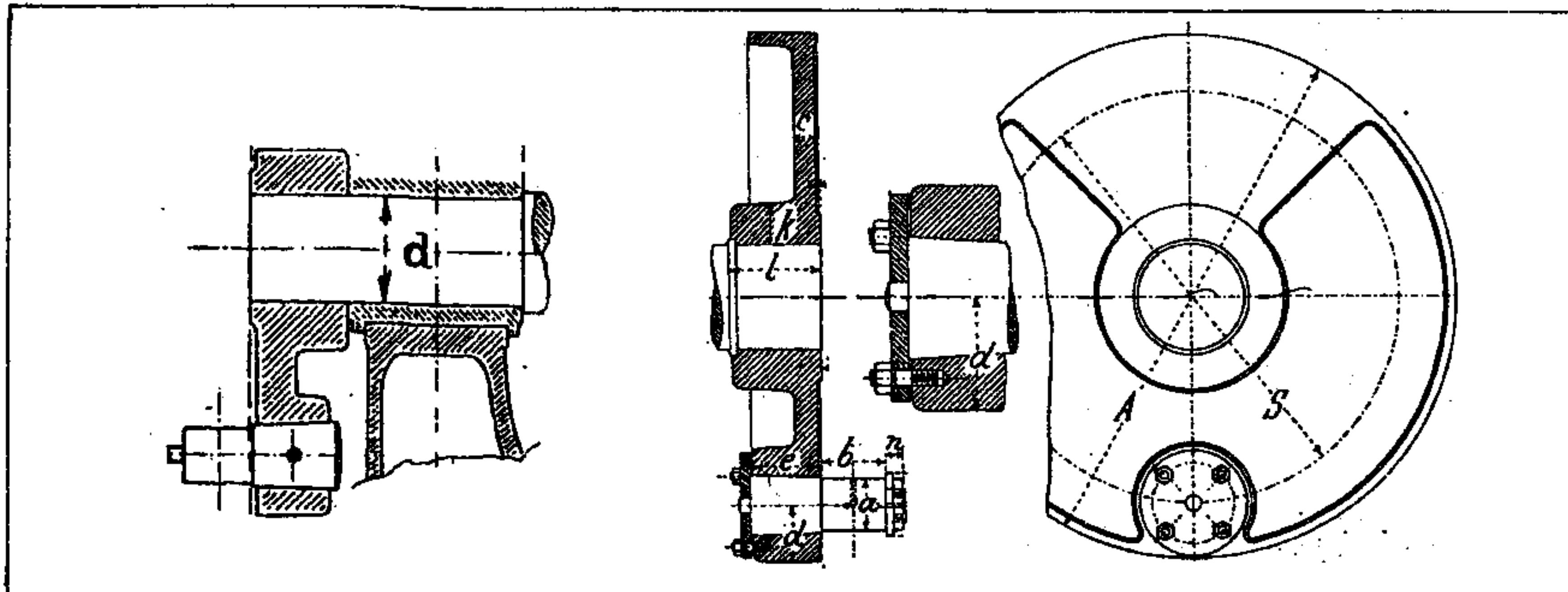


Bild 11.5.3.4/2: Beispiele: gebaute Stirnkurbel, gebaute Kurbelscheibe

Das Kurbelzapfenlager musste sehr sorgfältig geschmiert werden. Es neigte zum Heißlaufen. Durch die freie Bewegung war eine kontinuierliche Schmierung schwierig. Es gab vier Möglichkeiten zur Schmierung:

- Schmierbohrungen durch die Kurbelwelle, durch die Wange in den Zapfen.
Nachteilig war die Verminderung der Festigkeit durch die Schmierbohrungen.
- Verschließbarer Öler auf dem Pleuelstangenkopf.
Diese Ausführung war bei kleineren und mittleren Lokomobilmaschinen üblich. Sie war einfach und preiswert. Nachteilig war, dass im Betrieb die Funktion des Ölers nicht kontrolliert werden konnte. Weiterhin war der Ölverrat im Behälter begrenzt. Wenn im Dauerbetrieb der Vorrat verbraucht war konnte das von außen nicht erkannt werden.

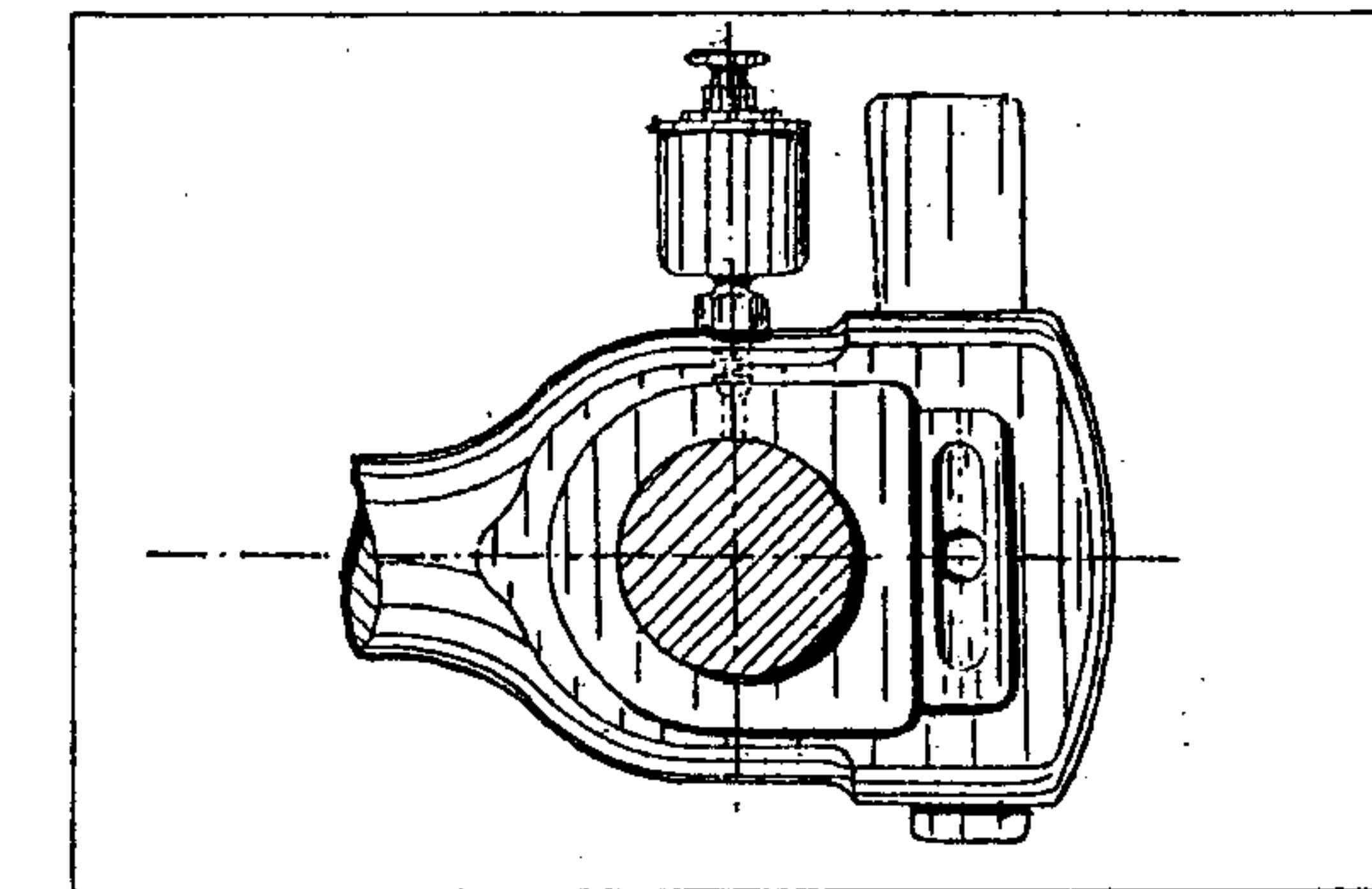


Bild 11.5.3.4/3:
Öleranordnung auf
dem Pleuelstangenkopf

- Zentrifugalschmierung mit externem Tropföler.
Sie war bei größeren Lokomobilmaschinen üblich. Die Schmierung war sicher und der Schmiermittelverbrauch stand im Ölergefäß von außen zu erkennen. Über einen außerhalb der Maschine stehenden Tropföler T wurde das Schmiermittel über ein Rohr zum mitlaufenden, genau in Achsmitte liegenden Schmierkopf O geführt. Der Schmierkopf war über ein Rohr fest mit umlaufenden Zapfen verbunden.

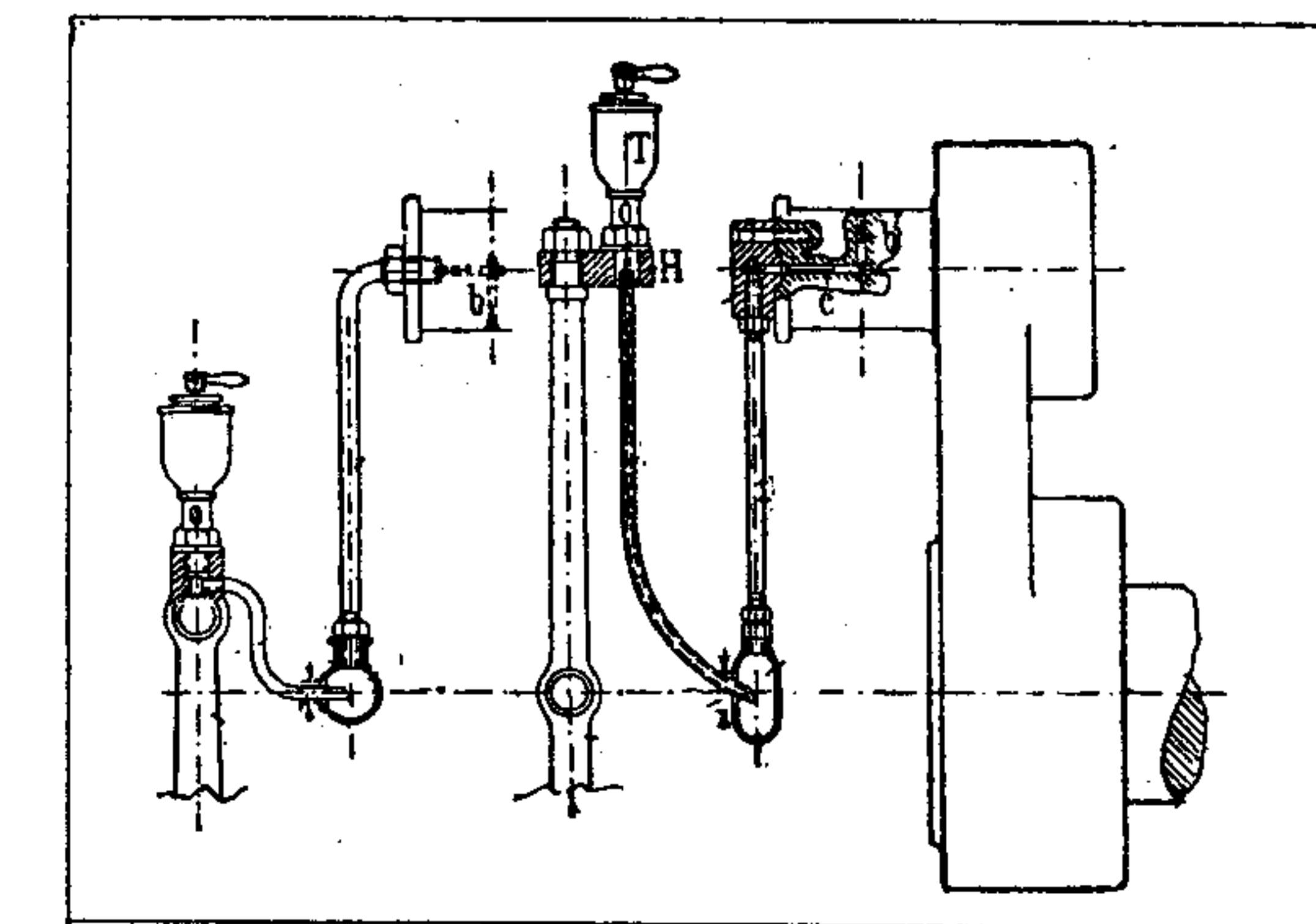


Bild 11.5.3.4/4:
Zentrifugalschmierung
eines Kurbelzapfens

- Zentrale Fettschmierung
Sie war einfacher als die Zentrifugalschmierung. Der Fetttopf lag genau in der Kurbelwellenachse und war beispielsweise mit einem Rohr mit dem Kurbelwellenzapfen verbunden. Durch die zentrale Position des Fetttopfes konnte mit der Fett presse während des Betriebes nachgeschmiert werden.

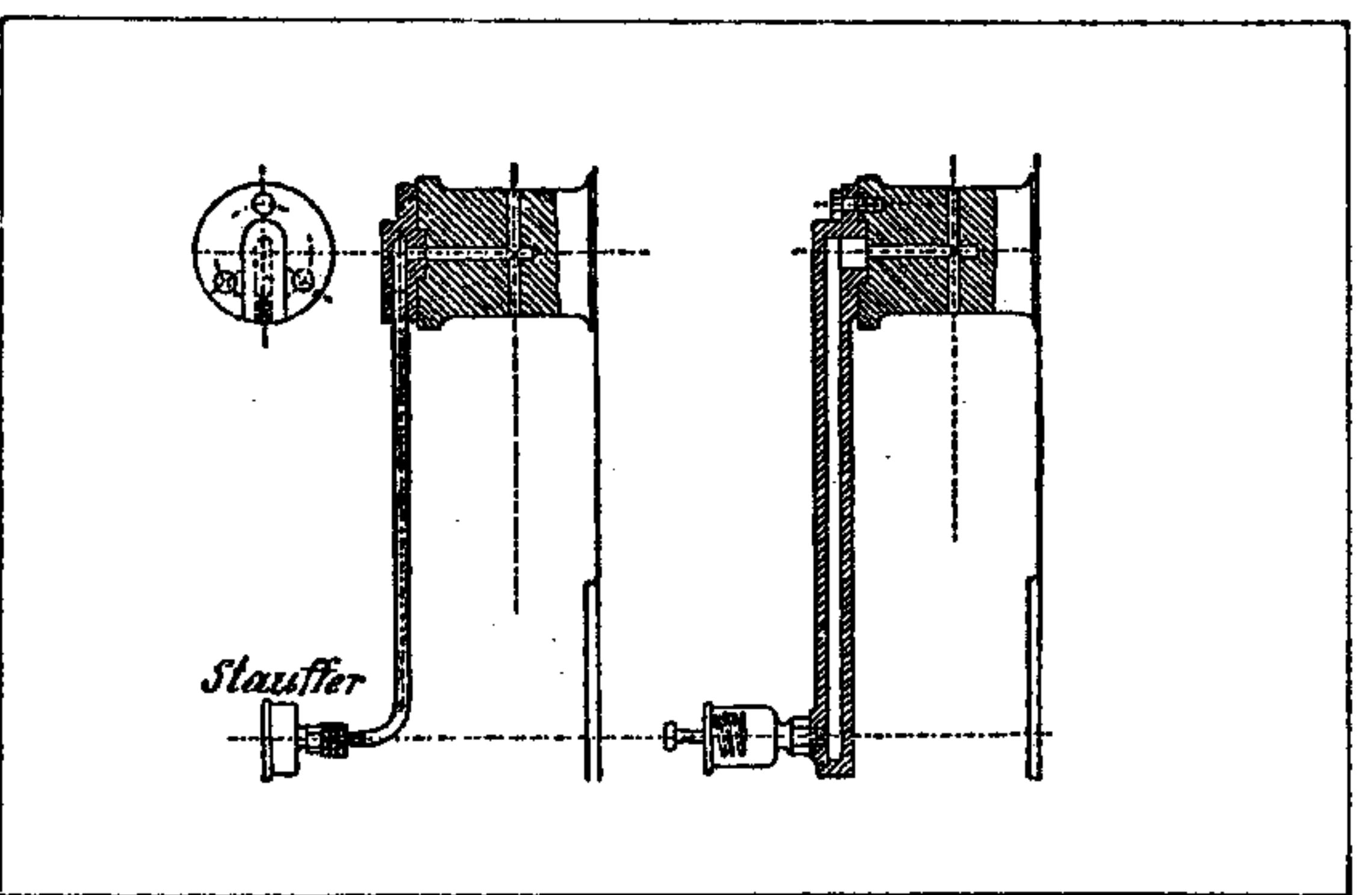


Bild 11.5.3.4/5:
Zentrale Fettschmierung
eines Kurbelzapfens

Für die erste Auslegung von Kurbeln lagen Erfahrungswerte vor, die beispielsweise in Tabellen in der einschlägigen Maschinenbauliteratur zusammengestellt waren. Die Detailkonstruktion wurde dann nachgerechnet.

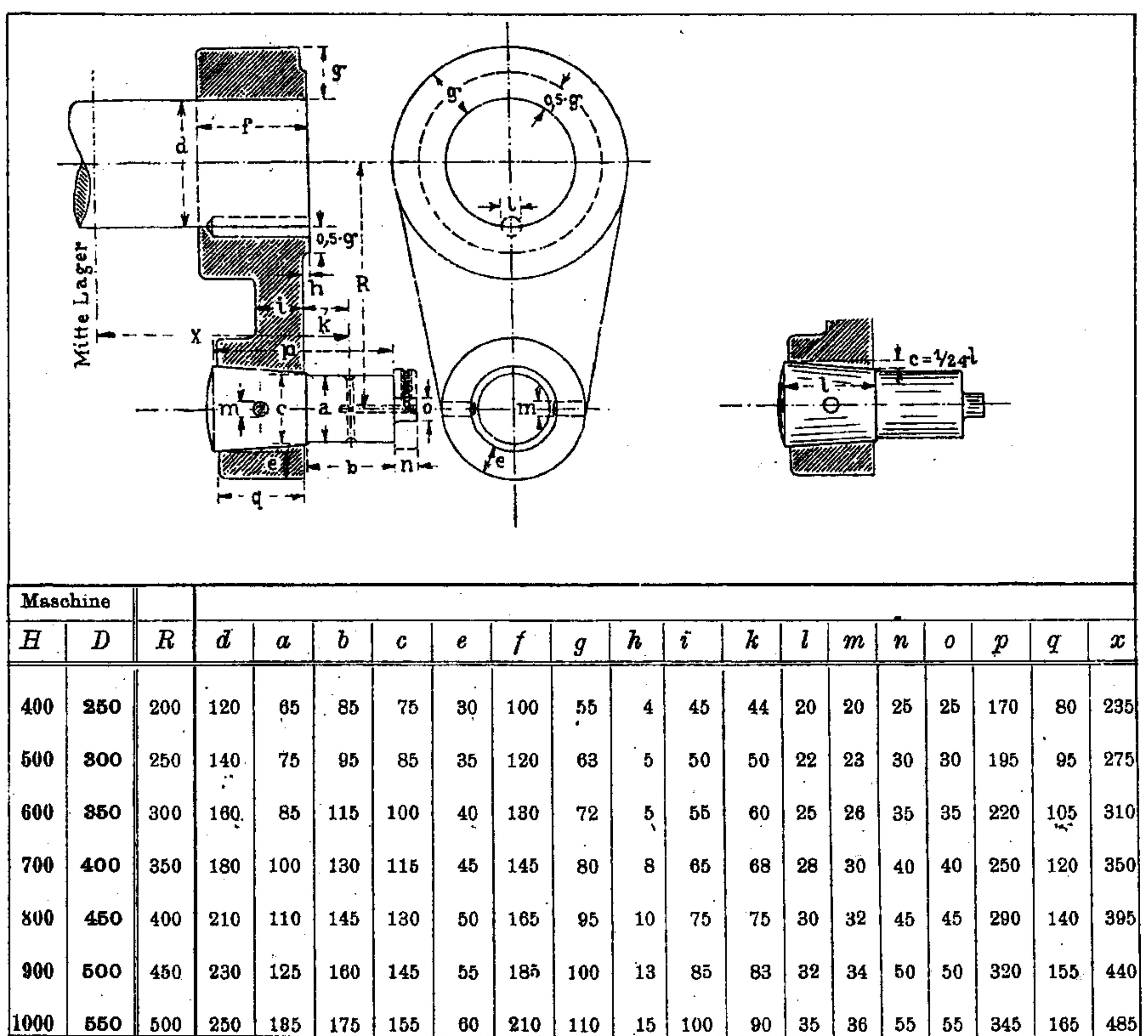


Bild 11.5.3.4/6: Auslegungsrichtwerte von Stirnkurbeln

2. Gekröpfte Kurbelwellen

Bei Einzylindermaschinen höherer Leistung wurden in der Regel einfach gekröpfte Kurbelwellen eingesetzt. Bei diesen Maschinen lag der Zylinder etwa mittig auf dem Kessel. Bei Zweizylindermaschinen, mehr als zwei Zylinder waren bei Lokomobilmaschinen unüblich, waren gekröpfte Kurbelwellen obligatorisch. Die Lage der Kröpfungen war von der Maschineart und den Anforderungen des Betriebes abhängig. Maschinen mit 90° versetzten Kurbeln waren selbstanlaufend. Bei 180° Kurbelversatz war der Massenausgleich besser, die Maschinen liefen gleichmäßiger. Ausführungen mit 120° oder 0° Kurbelwinkel waren selten.

Die gekröpften Kurbelwellen der Maschinen für verfahrbare Lokomobile unterschieden sich deutlich von denen der Halblokomobile. Sie waren leichter gebaut und besaßen keine Gegengewichte. Zur Herstellung von Kurbelwellen für Halblokomobile gab es verschiedene Verfahren. Auch Kombinationen einzelner Herstellungsverfahren waren üblich, beispielsweise die Grundform der Welle zu schmieden und gusseiserne Gegengewichte nachträglich anzusetzen. Zur Herstellung der Wellen standen drei Verfahren zur Verfügung:

- Gießen (bei großen Wellen, Kurbelwangen meist mit angegossenen Gegengewichten versehen, mehrere Kröpfungen, komplizierte Wellen, primär bei großen Halblokomobilen),
- Schmieden (bei kleineren Wellen, mit häufig nur einer Kröpfung, ohne Gegengewichte, primär bei verfahrbaren Lokomobilen)
- „Bauen“ aus mehreren Teilen (flexible Konstruktion, mehrfache Kröpfungen, aufwendige Fertigung)

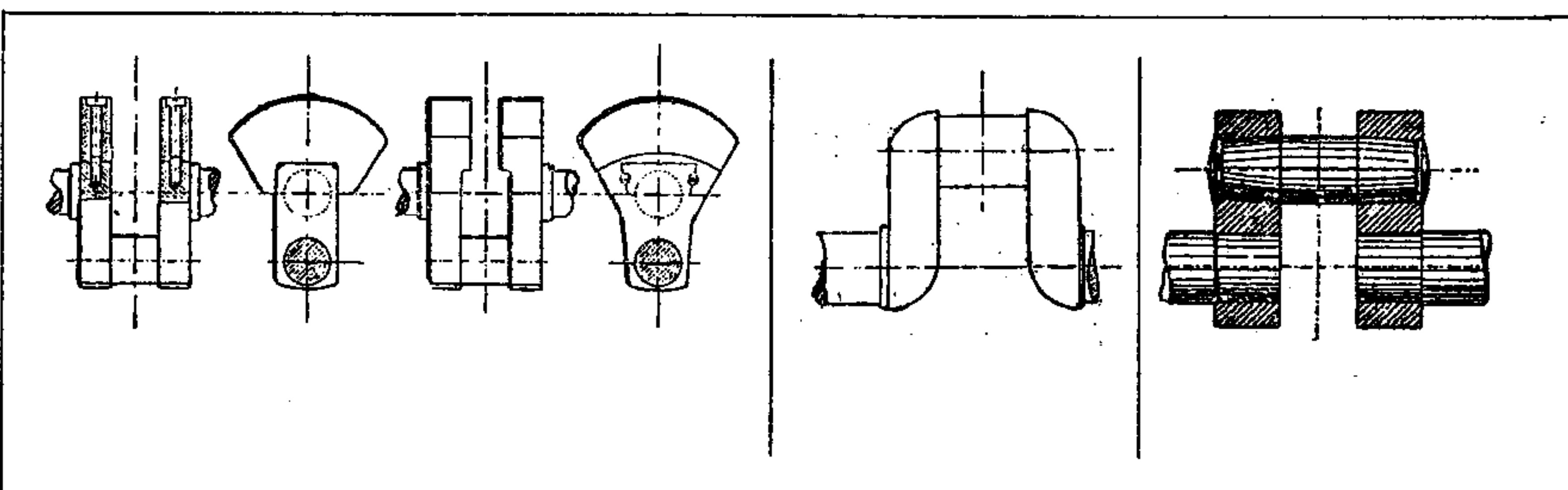


Bild 11.5.3.4/6: Fertigungsarten von Kurbelwellen (am Beispiel einer Kröpfung)

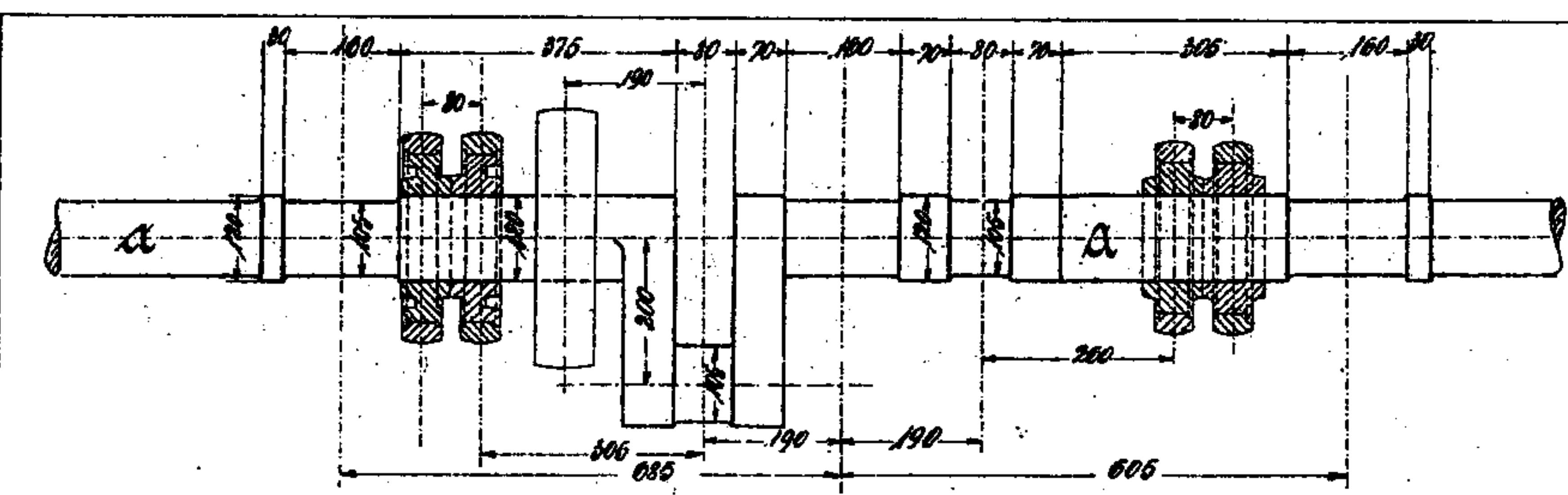


Bild 11.5.3.4/7: Beispiel einer geschmiedeten Kurbelwelle, zwei Kröpfungen, ohne Gegengewichte für eine Verbundmaschine mit einer Leistung von 40 PS

Auf die Schmierung der Pleuelstangenlager musste besondere Sorgfalt verwendet werden. Die Lager waren nur durch Bohrungen in der Welle zu schmieren, was mit einem Verlust an Festigkeit verbunden war, oder durch Einrichtungen, die das Schmiermittel über einen Tropföler neben dem Lager und einem „Schmierring“ an der Kurbelwange zuführten.

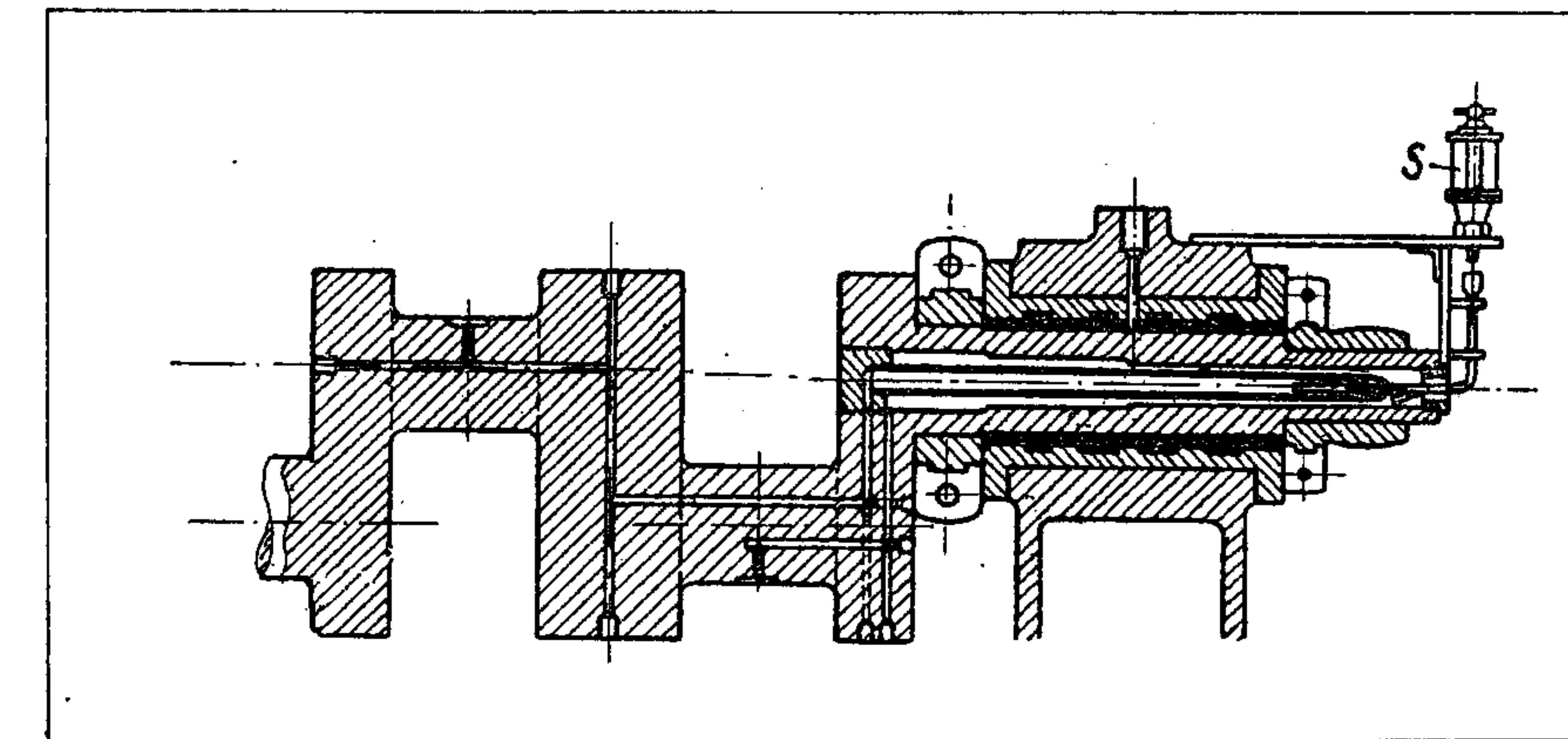


Bild 11.5.3.4/8: Schmierung einer doppelt gekröpften Kurbelwelle über Schmierbohrungen

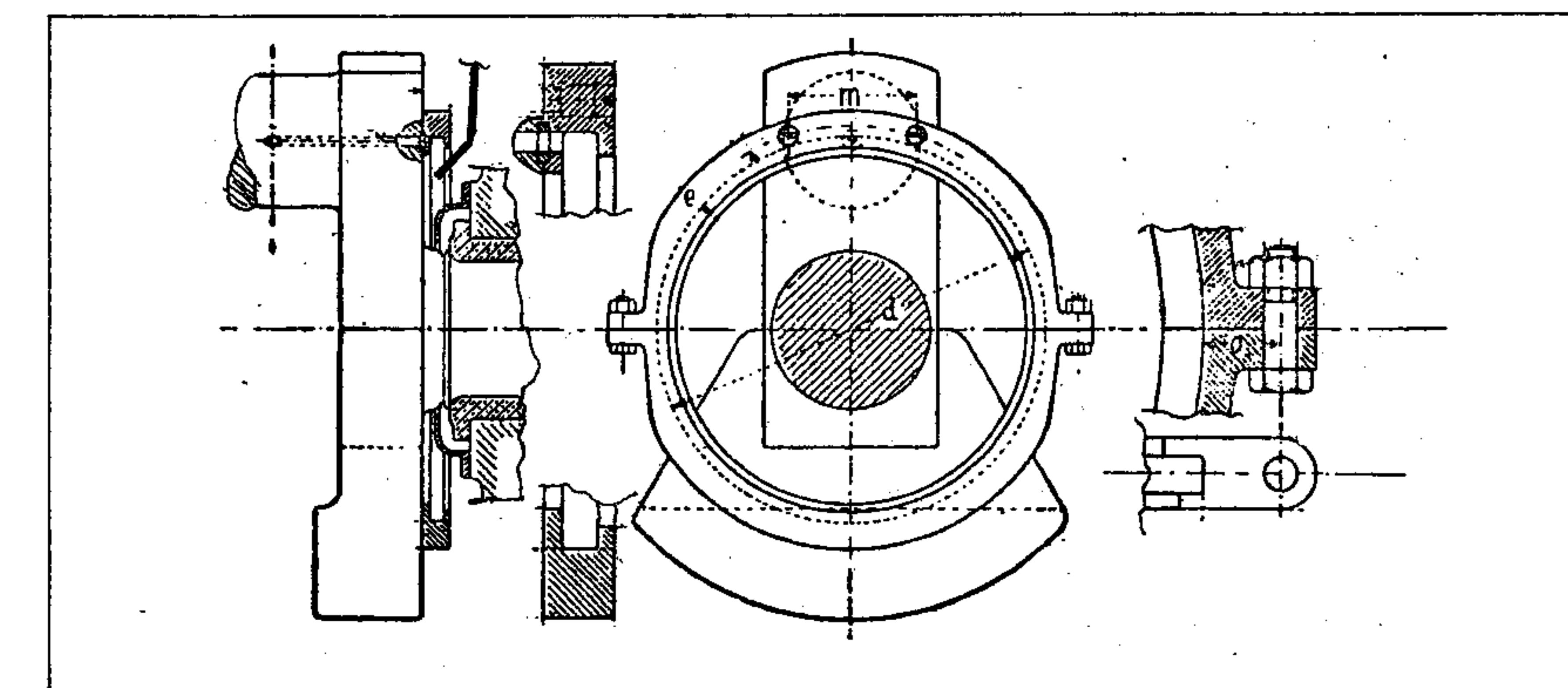


Bild 11.5.3.4/9: Schmierung eines Kurbelzapfens über Tropföler und „Schmierring“
(Tropföler nicht gezeichnet)

11.5.3.5 Kurbelwellenlager

Die Anordnung der Lokomobilmaschine, beispielsweise auf dem Kessel, bestimmte die Ausführung der Lagerung. Sie wichen stark von der bei stationären Maschinen ab. Bei diesen waren die Lagerung der Kurbelwelle, die Kreuzkopfführung und der Zylinder häufig in einem Gußteil zusammengefasst. Entweder als Bajonettrahmen, Gabelrahmen oder ähnlichem mit flachem Bodenbereich zur Befestigung der Maschine auf dem Fundament. Bei den Lagern der Lokomobilmaschinen muss zwischen denen für verfahrbare Maschinen und kleinen Halblokomobilen sowie die Ausführungen für große Halblokomobile unterschieden werden. Bei kleinen Halblokomobilen und fahrbaren Maschinen waren direkt am Kessel vernietete Lagerböcke die einfachste Art der Lagerung. Je nach Größe der Maschine und Zylinderzahl wurden zwei bzw. drei getrennte Lagerböcke verwendet. In der Tafel 11.5.3.1/2 ist die Werkstattzeichnung der dreiteiligen Lagerung einer Zweizylindermaschine wiedergegeben. Die endgültige Bearbeitung der Lager bzw. Lageraufnahmen musste nach dem Ausrichten der vorbearbeiteten Gussteile und dem Vernieten auf dem Kessel im Zusammenbau mit dem gesamten Kessel vorgenommen werden. Es gab auch Varianten, bei denen die einzelnen Lagerböcke zu einem Gussteil zusammengefasst waren und die gesamte Einheit als „Lagersattel“ aufgenietet wurde. Es gab bei den Kurbelwellenlagerungen eine Vielzahl an patentierten Lösungen. Als Beispiel sei hier die Lanz'sche Patentlagerung aufgeführt. Sie war bei verfahrbaren Lokomobilen verbreitet. Die beiden Lager waren mit einer stabilen Fundamentplatte als ein Gussteil ausgeführt. Dieses Teil ruhte nicht auf dem Kessel, sondern auf seitlichen Stahlplatten, die mit dem Kessel vernietet waren. Durch diese Trennung erwärmen sich die Lager und alle oberen Maschinenteile nur unwesentlich. Die Lager selbst hatten eine „Kettenschmierung“. Eine kleine mitlaufende Kette in der Lagermitte förderte im Betrieb Schmieröl aus dem Sumpf im Lagerbock zu den Lagerschalen.

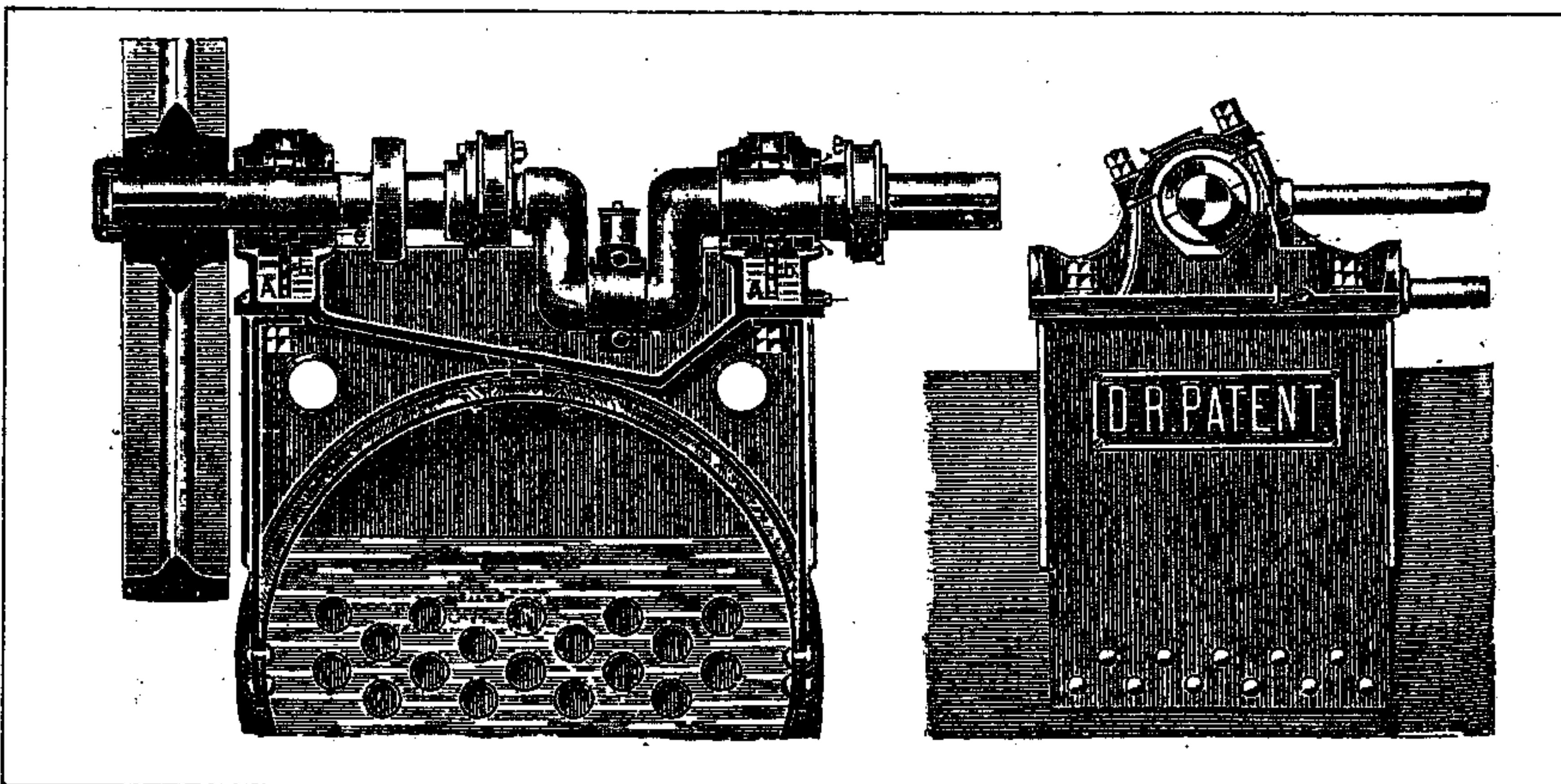


Bild 11.5.3.5/1: Patentierte Kurbelwellenlagerung von H. Lanz, Mannheim (um 1910)

Insbesondere bei größeren Halblokomobilen ging die Entwicklung nach dem 1. Weltkrieg zu größeren, integrierten Einheiten aus Lagern, Kreuzkopfführungen und z. T. auch Zylindern. Die Gießtechnik war so weit entwickelt, dass die Herstellung dieser komplizierten Gussteile sicher beherrscht wurden. Die Elemente dieser mehrteiligen Baugruppen waren miteinander verschraubt. Die Montage und Reparaturen wurden durch diese „Blockbauweise“ erheblich erleichtert. Das nachfolgende Bild zeigt die Montage eines solchen „Blocks“ bei der Firma Henschel & Sohn. Der vorne liegende Zylinder wurde auf einem leichten Führungsblock abgestützt. Der hintere Sattel wurde mit besonderen Aufnahmen am Kessel angeschraubt.

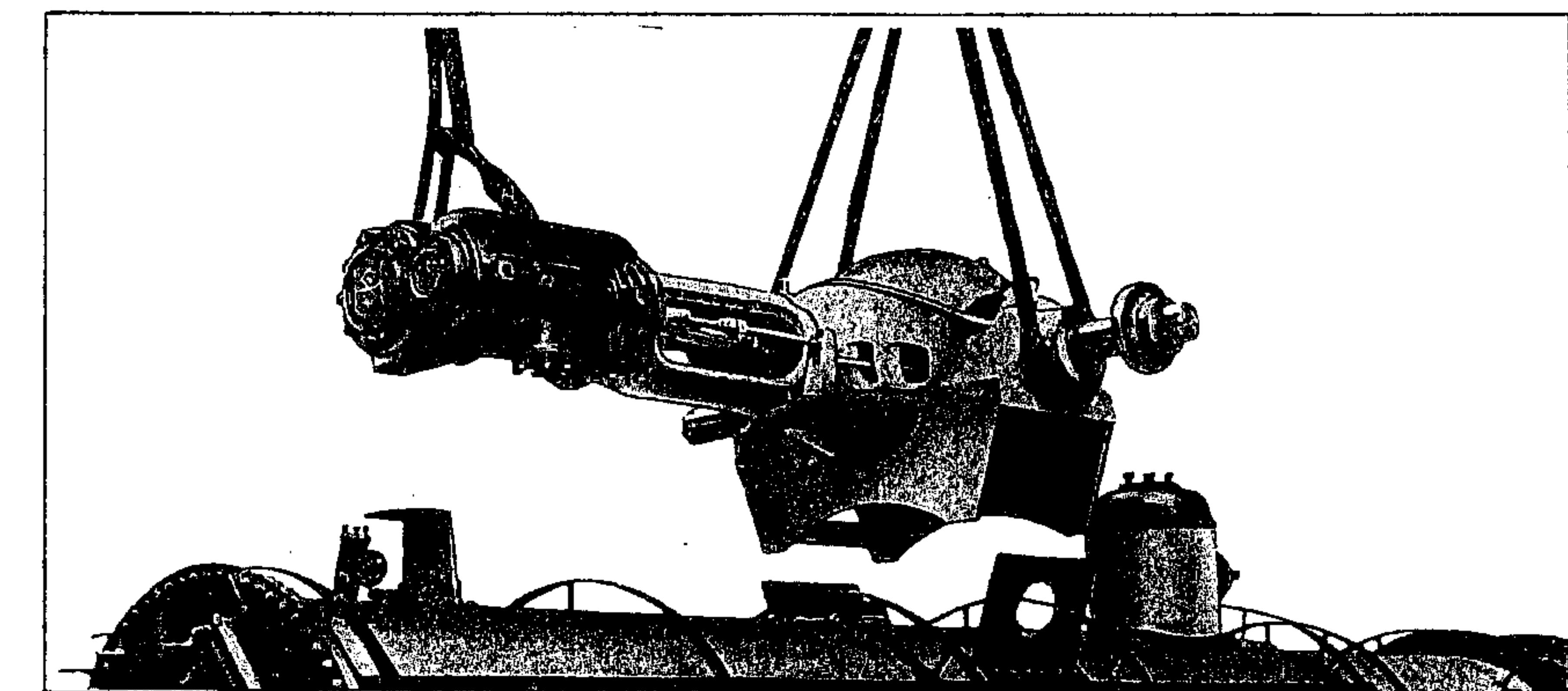


Bild 11.5.3.5/2: Integriertes Lager- und Führungsteil einer Halblokomobile Typ H 7 bei der Montage (Henschel & Sohn, um 1920)

Die bekannte Maschinenfabrik von R. Wolf verwendete bei ihren großen Halblokomobilen eine ähnliche Lösung. Die Firma schreibt dazu in einer Werbebroschüre: ... *Die Dampfmaschine bildet ein in sich vollkommen geschlossenes, kompaktes Ganzes. Geradführung und Lagersattel sind zu einem einzigen kräftigen Gußstück vereinigt. Der an der Geradführung angeschraubte Dampfzylinder ist auf dem Kessel abgestützt. Unter grundsätzlicher Vermeidung unmittelbarer Nietverbindungen zwischen Kessel und Maschine ist der Lagersattel in eigenartiger Weise durch Stehbleche mit dem Kessel oder mit den Kesseltragfüßen fest verbunden. Durch diese Bauart wird erreicht, daß der Kessel nur noch als Fundament der Maschine dient, diese also von der Wärme unbeeinflusst bleibt. Andererseits werden die in der Maschine auftretenden Triebwerkskräfte durch den kräftigen Maschinenrahmen der Dampfmaschine voll aufgenommen, so daß der Kessel gänzlich von ihnen entlastet ist. ... Die Unabhängigkeit und Geschlossenheit der Dampfmaschine ergibt die stets richtige gegenseitige Lage aller Teile. Die Dampfmaschine ist bei kaltem oder warmen Kessel in gleicher Weise Betriebsfähig und ohne jede Veränderung an der Steuerung oder an anderen Teilen jederzeit auch mit fremdem Dampf betrieben werden.*“

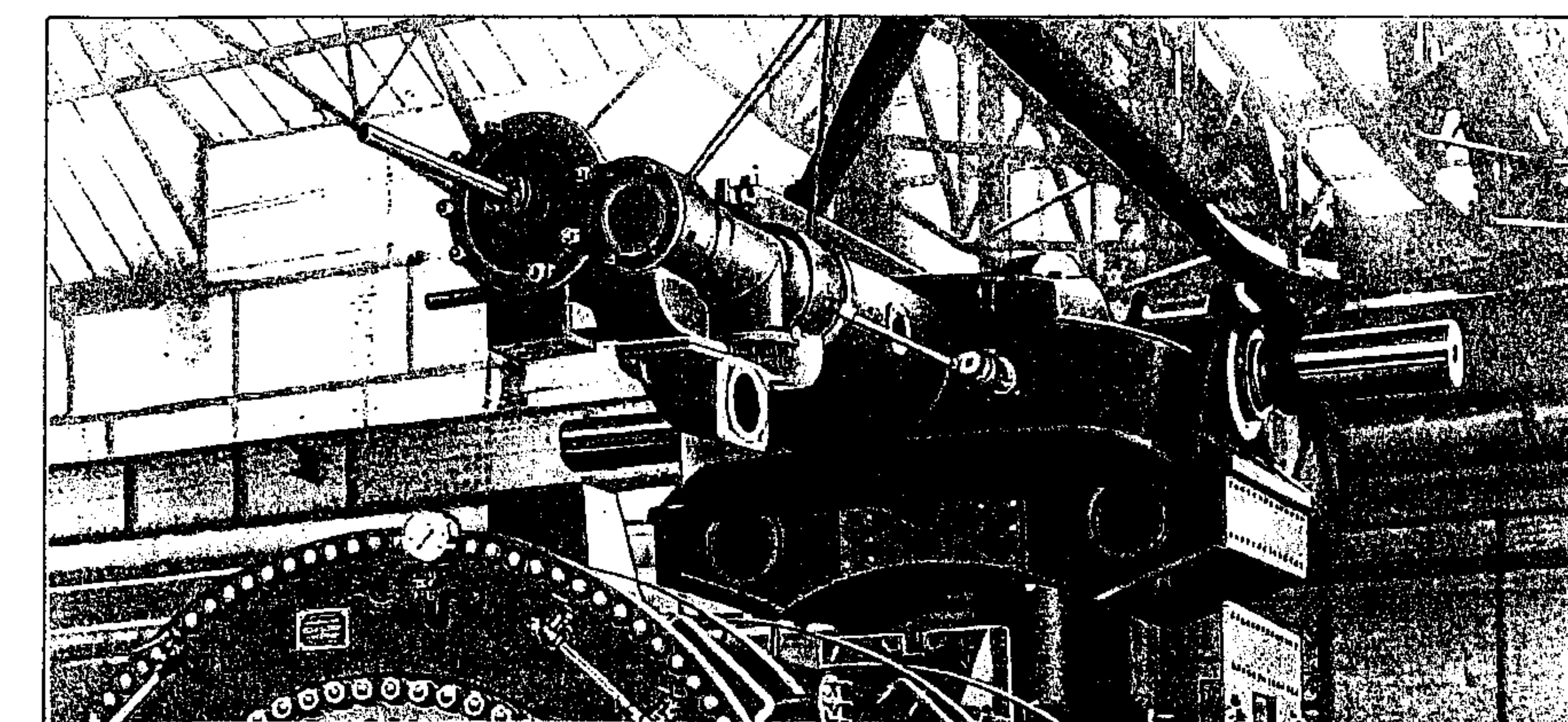


Bild 11.5.3.5/3: Integriertes Lager- und Führungsteil einer Halblokomobile Typ NH 16 bei der Montage (R. Wolf, um 1922)

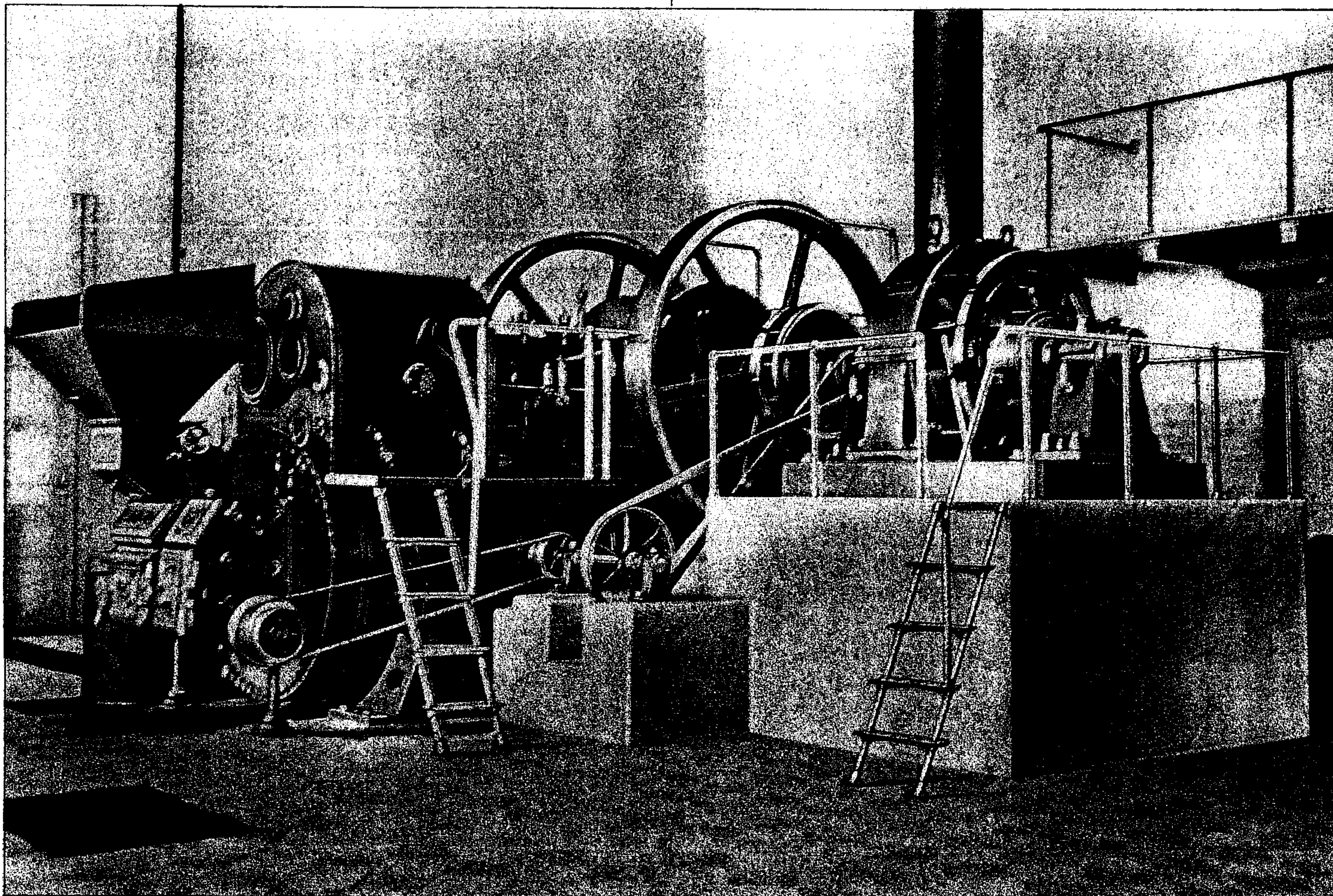


Bild 11.5.3.5/4: Verbund-Halblokomobile, 120-170 PS, mit Kondensation,
selbsttätige Rostbeschickung, direkt gekuppelter Dynamo
(R. Wolf, um 1920)

11.5.4 Beispiele liegender Lokomobilmaschinen

11.5.4.1 Maschinen verfahrbarer Lokomobilen

Kessel und Maschine dieser Lokomobilen bildeten „eine Einheit“. Eine eindeutige Trennung ist daher nicht immer möglich. Die kompletten Lokomobilen werden später detailliert in den Kapiteln 14 ff. dargestellt. Um Doppeldarstellungen so weit wie möglich zu reduzieren, ganz vermeiden kann man sie nicht, werden hier nur einige Lokomobilmaschinen aufgeführt. Die Auswahl orientiert sich an Maschinen, die zu ihrem Bauzeitpunkt typisch waren oder einige herausragende Merkmale aufwiesen. Die Beispiele sind chronologisch geordnet.

Beispiel 1: Lokomobilmaschine von E. Alban (1848)

Die Lokomobile war eine der ersten in Deutschland gebauten Maschinen. Sie besaß noch einen stabilen Rahmen aus Holz, der als tragendes Element alle Baugruppen aufnahm. Die linksbauende Lokomobilmaschine war eine separate, seitlich neben dem Kessel liegende Einzylindermaschine. Der hölzerne Längsbalken des Rahmens diente als Träger für die einzelnen Maschinenteile. Die Kurbelwelle lag vorne vor der Rauchkammer. Die doppelt wirkende Maschine hatte eine auf dem Zylinder liegende Flachschiebersteuerung mit einem einfachen Muschelschieber. Der Zylinder lag frei auf dem Längsbalken. Die Kolbenstange war weit nach vorne verlängert und in einem Lagerbock zwischen dem Zylinder und der Kurbelwelle geführt. Einen Kreuzkopf besaß die Maschine nicht. Die Pleuelstange (Schubstange) war „kreuzkopfseitig“ als lange Gabel ausgeführt. Zwischen den Gabelschäften lag die Kolbenstange mit dem „Pleuellager“. Die äußere Steuerung bestand aus einer fliegend angeordneten, exzentrisch eingestellten Außenkurzel mit Schieberstangen. Die Bewegung wurde nicht direkt zum Schieber geleitet sondern über einen Hebel umgelenkt. Die Maschinenwelle war gerade, links lag die Kurzel, rechts das große Schwungrad. Die Leistung der Maschine betrug etwa 4 PS.

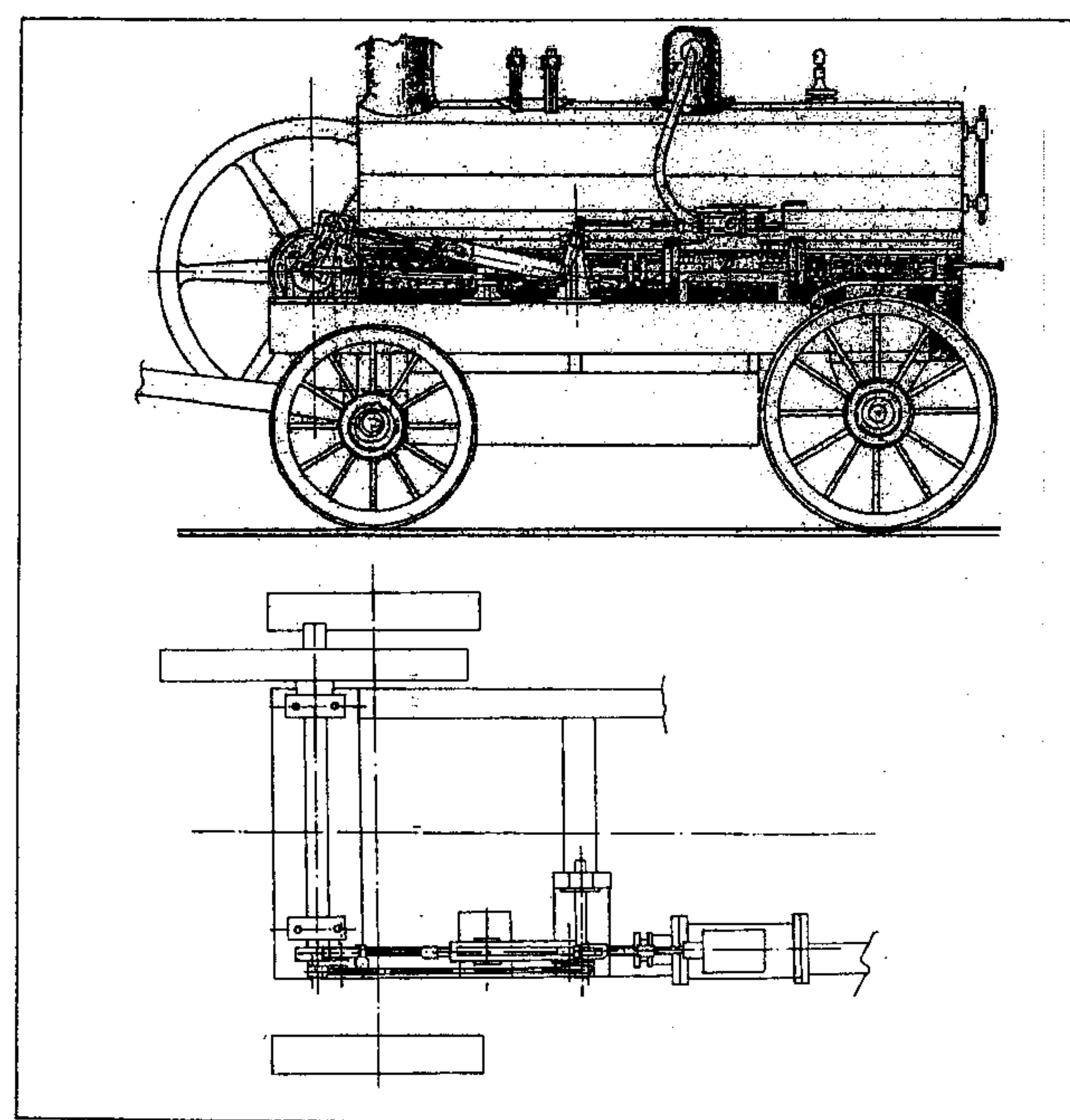


Bild 11.5.4.1/1:
Ergänzte Skizze der
Lokomobilmaschine
von E. Alban (1848)

Beispiel 2: Lokomobilmaschine von Reichenbach (1855)

Die zeitgenössische Zeichnung gibt nicht alle Einzelheiten wieder. Der Kessel war bei der Maschine der Reichenbach'schen Maschinenfabrik schon ein tragendes Teil. Die Maschine konnte daher aufgesattelt werden. Das entsprach der üblichen Bauweise. Die Hauptteile waren einzeln auf dem Kessel befestigt. Der Zylinder lag seitlich, rechts neben dem großen Dampfdom über der Feuerbüchse. Die Steuerung erfolgte über Flachschieber mit Antrieb durch einen Exzenter oder eine kleine Kurzel. Die Maschine war sehr langhubig und als Langsamläufer ausgelegt. Die flachen Kreuzkopfführungen stützten sich an der einen Seite am Zylinder ab, an der anderen Seite war ein separates Lager auf dem Kesselmantel angeordnet. Die Hauptwelle war gerade. An der einen Seite war die Stirnkurzel, an der anderen das außerordentlich massive Schwungrad. Der Kurbelwellenlagerblock bestand aus einem massiven Gussteil. Es war direkt vorne auf dem Kessel angesetzt. Die Leistung der Maschine lag bei etwa 4 PS.

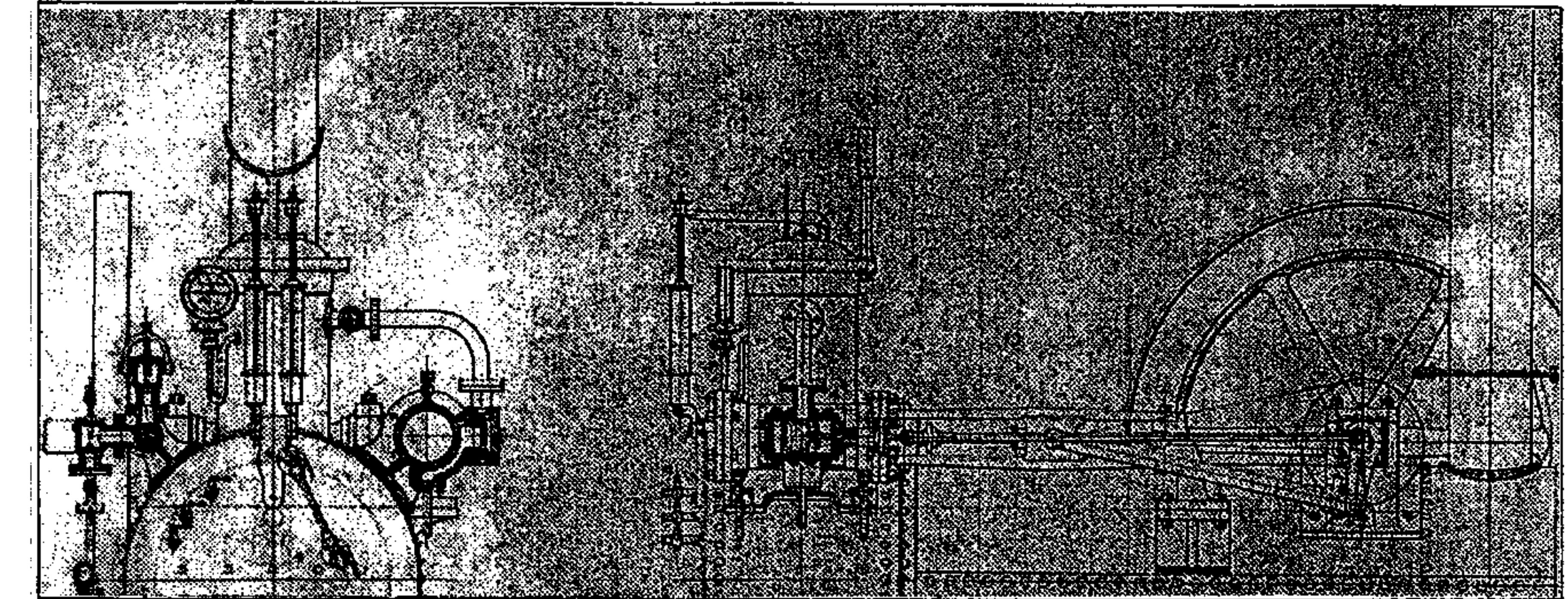


Bild 11.5.4.1/2: Skizze der Lokomobilmaschine von Reichenbach (1855)

Beispiel 3: Lokomobilmaschine von Spatzier (um 1862)

Alle Baugruppen der aufgesattelten Maschine lagen völlig frei auf dem Kessel. Die sehr leicht gebaute Einzylindermaschine lag mittig. Der Zylinder auf über der Feuerbüchse befestigt. Die innere Steuerung bestand vermutlich aus einem Flachschieber. Die äußere Steuerung erfolgte durch einen Exzentertrieb. Außergewöhnlich war die Kreuzkopfführung. Der Kreuzkopf war fest mit der Kolbenstange und einer obenliegenden Rundführung verbunden. Kolbenstange und obere Rundführung wurden vorne in einem gesonderten Lagerbock geführt, der auch den Regulator aufnahm. Die obere Rundführung reichte über die gesamte Hublänge des Zylinders. Die Pleuelstange war im Bereich des Kreuzkopfes und der Kolbenstange gegabelt. Die gekröpfte Kurbelwelle wurde in zwei separaten Lagerböcken geführt. Ein Zentrifugalregulator wirkte direkt auf eine Drossel in der Zudampfleitung.

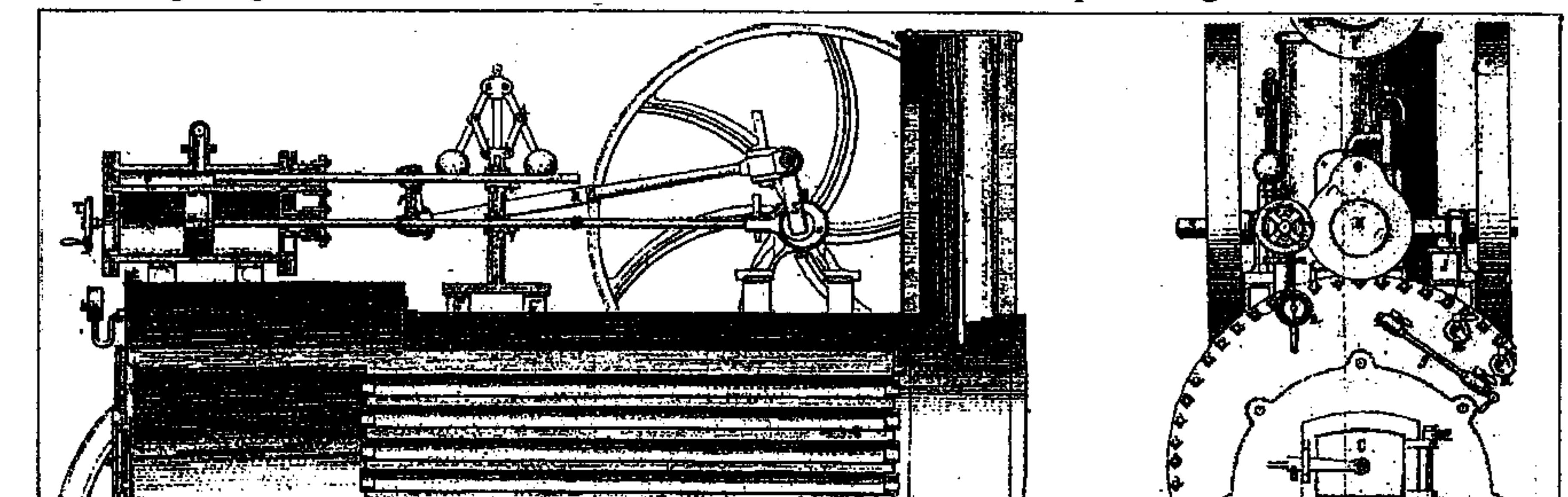


Bild 11.5.4.1/3: Skizze der Lokomobilmaschine von Spatzier (um 1862)

Beispiel 4: Lokomobilmaschine von R. Wolf (1862)

Die Ausführung war typisch für die ersten von R. Wolf gebauten Maschinen. Die Maschine war in üblicher Manier aufgesattelt. Der Dampfdom über der Feuerbüchse und der innenliegende Zylinder waren als einteiliges Gussteil ausgeführt. Die anderen Baugruppen waren auf einem gesonderten Rahmen angeordnet. Damit wurden negative Einflüsse des Kessels (Erwärmung, Verformung etc.) auf die Maschine vermieden. Die mittig liegende Einzylindermaschine hatte Flachschiebersteuerung mit Antrieb über einen Exzenter. Die Kreuzkopfführung war als doppelte Flachführung gebaut und mit dem Befestigungssockel ein eigenes Bauteil. Von der gekröpften Kurbelwelle war zweifach gelagert. Der Regulator wurde direkt von der Kurbelwelle über ein Winkelgetriebe angetrieben. Die Steuerbewegung ging über lange Hebel zur Drossel in der Zudampfleitung.

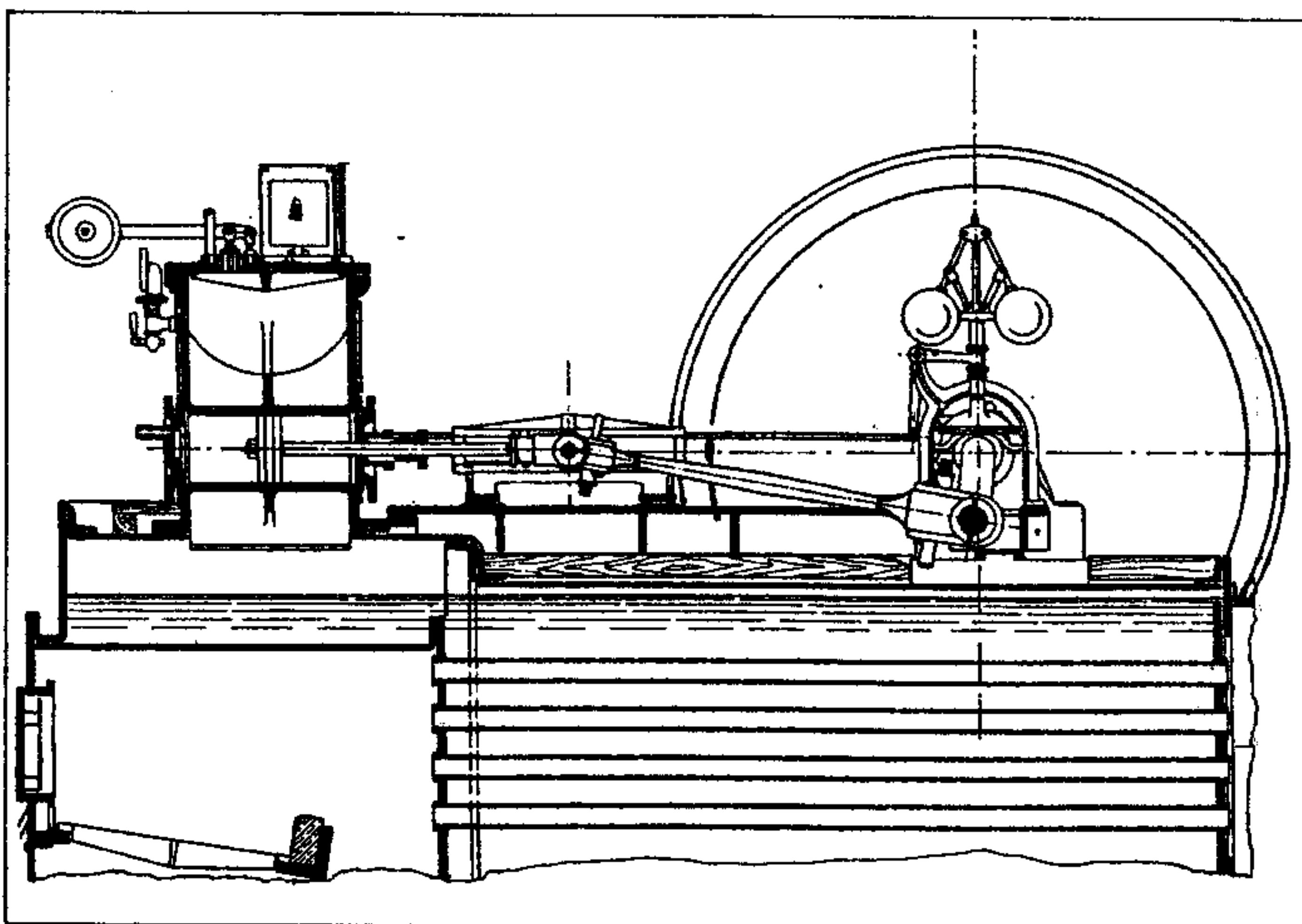


Bild 11.5.4.1/4:
Skizze der
Lokomobilmaschine
von R. Wolf (1962)

Beispiel 5: Lokomobilmaschine von A. Borsig (1864)

Die Lokomobile und die Maschine waren sehr außergewöhnlich. Der Kessel hatte „rückkehrende Feuergase“. Allerdings nicht wie üblich durch innenliegende rückkehrende Rauchrohre, sondern durch einen außenliegenden, die Zylinderkessel zu 2/3 umfassenden Blechmantel. Zwischen dem Blechmantel und dem Zylinderkessel wurden die Heizgase bis zum aufgesattelten Dampfzylinder zurückgeführt. Der mittig liegende Zylinder wurde dadurch vorgewärmt. Kolbendurchmesser: 9 Zoll, Hub: 18 Zoll. Der Kamin stand über dem Zylinderblock. Das Einzylindertriebwerk hatte Muschelschiebersteuerung über einen Exzenterantrieb. Die Kreuzkopfführung war einseitig als Flachführung ausgebildet. Sie war als separates Bauteil direkt auf dem Kessel befestigt. Der Regulator wurde über einen kleinen Riemen angetrieben. Er wirkte auf eine Drossel in der Dampfleitung. Die gekröpfte Kurbelwelle lag vorne über der Rauchkammer. Sie trug rechts das große Schwungrad und links eine Riemscheibe. Eine weitere Besonderheit war die Lagerung der Kurbelwelle. Sie war als ein Gussteil ausgeführt und auf der abgeflachten Rauchkammer befestigt. Zur Aufnahme der Triebwerkskräfte und um Auswirkungen der Kesselwärme zu vermeiden waren an den Lagerböcken außen zwei gegabelte Zugstangen befestigt. Die Gegenseite der Zugstangen ging zum Zylinderblock. Leistung: 6 bis 8 PS, Drehzahl: 45 bis 60 U/min, keine Expansion.

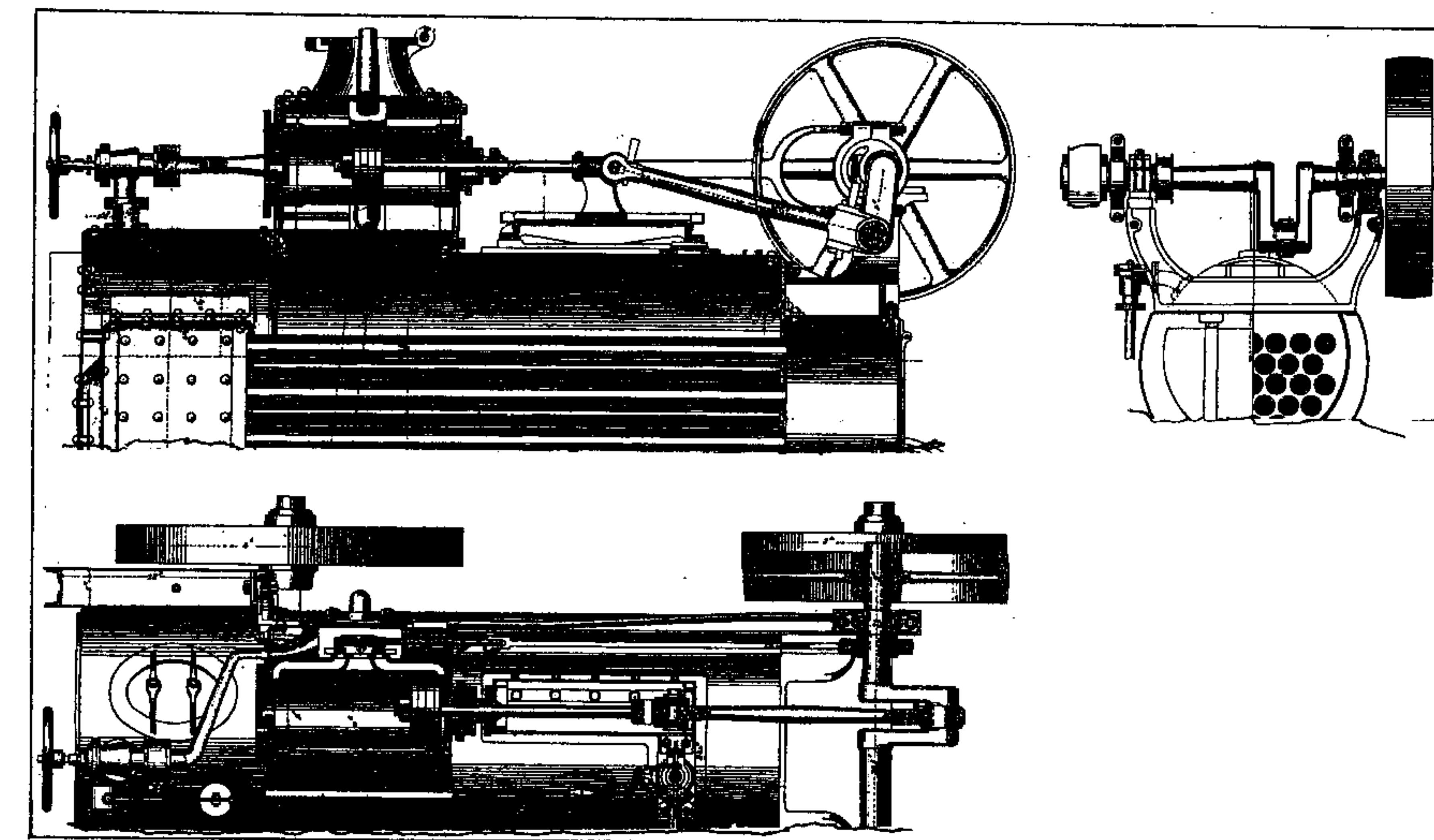


Bild 11.5.4.1/5: Lokomobilmaschine von A. Borsig (1864)

Beispiel 6: Lokomobilmaschine von Egestorff (1865)

Egestorff stellte Lokomobilmaschinen in zwei Baureihen her. Einzylindermaschinen für Leistungen zwischen 2 und 8 PS sowie Zweizylindermaschinen im Leistungsbereich von 8 bis 30 PS. Es waren nach bisherigem Kenntnisstand die ersten Zweizylindermaschinen eines einheimischen Herstellers. Das Beispiel zeigt eine Zweizylindermaschine im mittleren Leistungsbereich um 16 PS. Bauart: aufgesattelte Zwillingsmaschine mit getrennt auf dem Kessel befestigten Baugruppen. Steuerung mit Flachschiebern, Antrieb über Exzenter. Weitere Besonderheiten: die Zylinder waren durch einen Dampfmantel beheizt und die Zylinderblöcke waren durch einen massiven Balken mit der Kurbelwellen-Lagereinheit verbunden. Dadurch konnten unterschiedliche Ausdehnungen zwischen Maschine und Kessel ausgeglichen werden. Auf diesen Balken stützte sich auch eine Seite der Kreuzkopfführung ab.

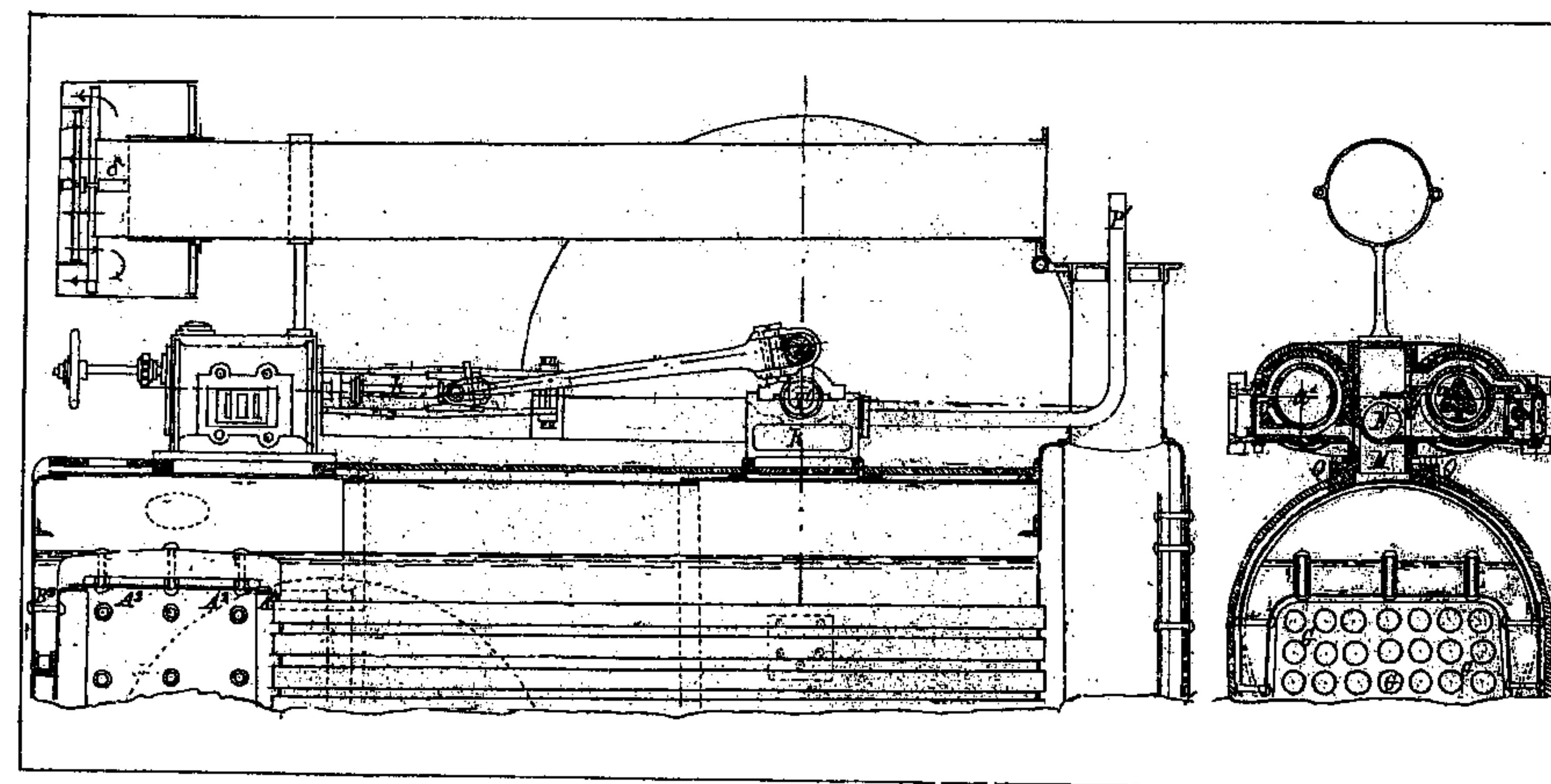


Bild 11.5.4.1/6: Skizze der Lokomobilmaschine von Egestorff (1865)

**Beispiel 7: Lokomobilmaschine von R. Wolf
(gebaut um 1874)**

Die Abbildung zeigt die Maschine einer Hochdrucklokomobile. Der Dampfzylinder war, wie für die Maschinen von Wolf typisch, im Dampfdom untergebracht. Die weiteren Baugruppen waren auf einer separaten Grundplatte aufgebaut, unabhängig von den Wärmedehnungen des Kessels. Wolf baute 1874 erstmals Maschinen mit Expansionsschiebersteuerung.

Zur besseren Nutzung des Dampfes und zur Anpassung der Füllung an veränderte Betriebsanforderungen wurde eine Rider-Steuerung eingesetzt. Die äußere Steuerung übernahmen zwei Exzentertriebe, einer für den Grundschieber, einer für den Expansionsschieber. Ein Fliehkraftregulator wirkte auf den Rider-Schieber.

Die Kurbelwelle war zweifach gelagert. Die Lager saßen auf einem stabilen Sattel. Grundplatte und Sattel waren ein Teil. Die Leistung der Maschine lag bei ca. 14 PS.

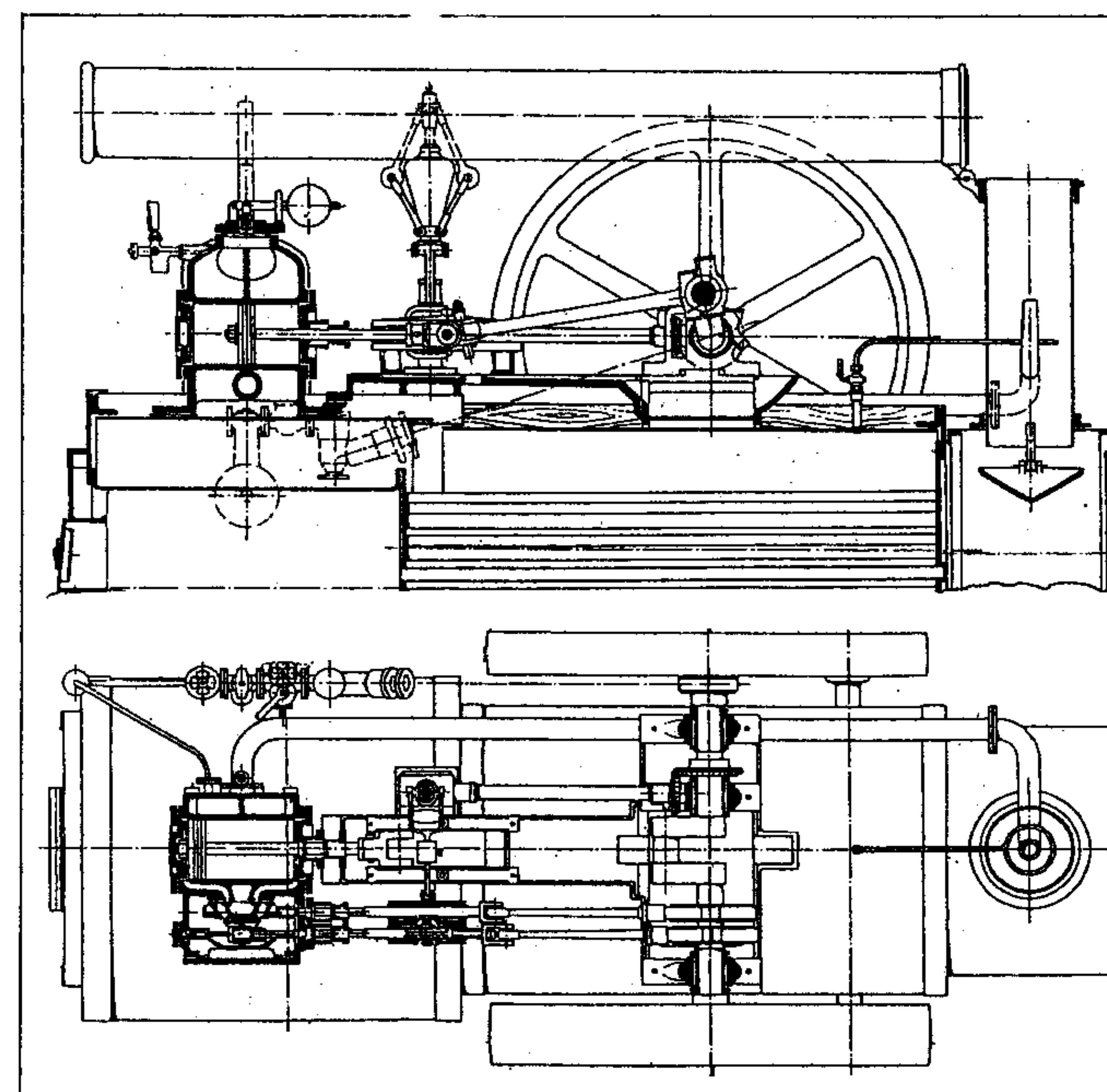


Bild 11.5.4.1/7:
Skizze der
Lokomobilmaschine
mit Expansions-
steuerung
von R. Wolf (1874)

**Beispiel 8: Lokomobilmaschine für Heißdampfbetrieb von R. Wolf
(gebaut um 1902)**

Wolf hatte schon vor der Jahrhundertwende Heißdampf-Lokomobilmaschinen gebaut. Die höheren Drücke und Temperaturen erforderten bei diesen Maschinen eine deutlich stabile Ausführung aller Maschinenteile.

Der Zylinder lag, wie bei R. Wolf üblich, im Dampfdom. Der Kolben besaß spezielle Dichtringe. Die Kreuzkopfführung war sehr stabil gehalten. Eine Seite stützte sich am Zylinder, die andere auf dem Kessel ab.

Die Maschine war mit einer Expansionssteuerung nach Rider ausgestattet. Die äußere Steuerung übernahm ein Exzentertrieb, bei dem über einen Achsenregler während des Betriebs die Exzentrizität (Füllung) entsprechend der abgeforderten Leistung bei annähernd konstanter Drehzahl geregelt wurde. Die Leistung der Maschine lag bei 24 PS.

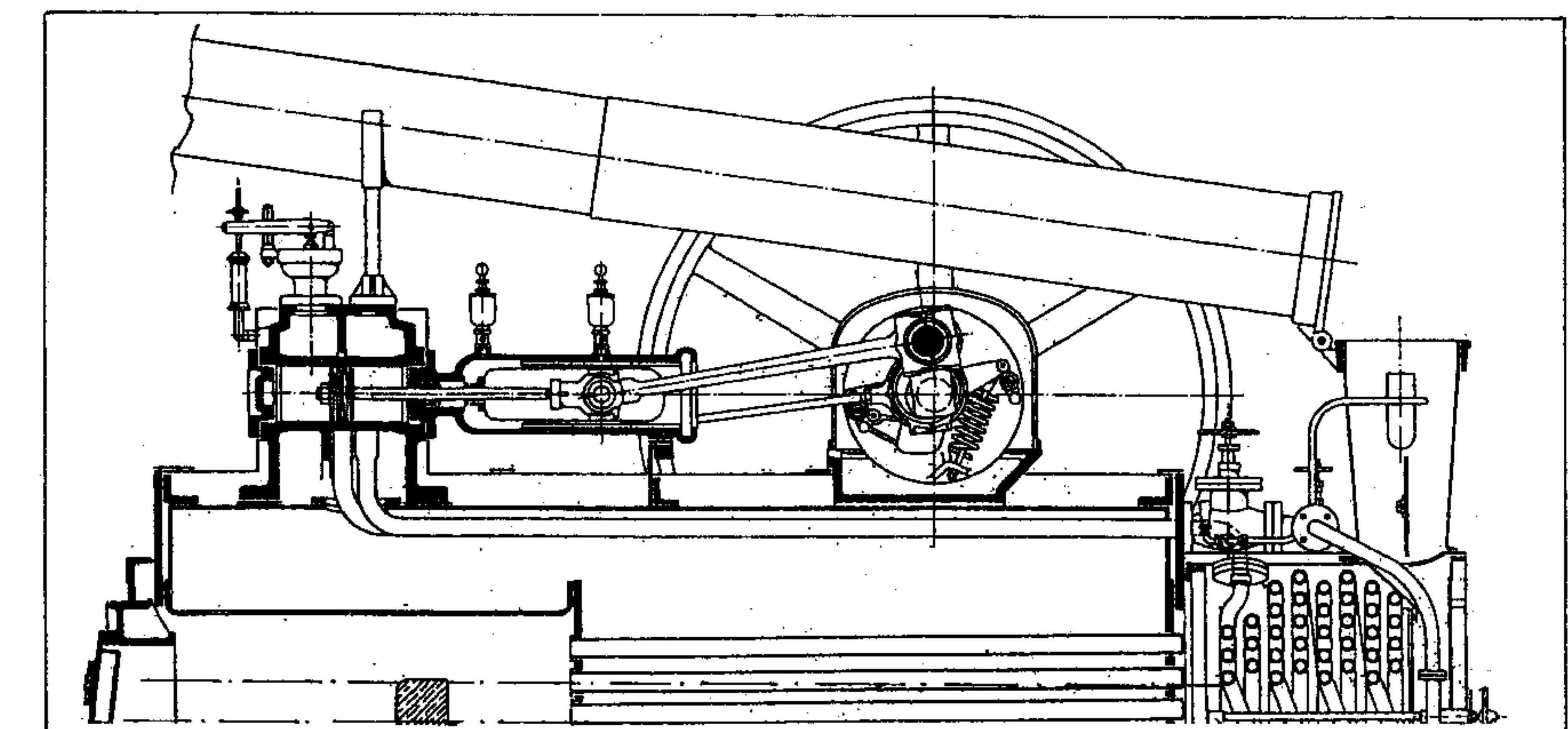


Bild 11.5.4.1/8: Heißdampf-Lokomobilmaschine von R. Wolf (1902)

**Beispiel 9: Lokomobilmaschine der Heißdampf-Einzyylinder-Lokomobile von
Henschel & Sohn (1927)**

Das Bild zeigt den Endpunkt der Entwicklung der Lokomobile und ihrer Maschinen in Deutschland. Die Maschine wurde nach dem neuesten Stand der Technik gebaut. Sie besaß Expansionssteuerung nach Patent Gutermuth und einen genau arbeitenden Achsenregler zur Anpassung der Füllung an veränderte Bedingungen im laufenden Betrieb. Das dargestellte Beispiel zeigt eine Maschine der Klasse LF (Heißdampf-Einzyylinder-Lokomobile). Diese Baureihe wurde im Leistungsbereich (Normalleistung) von 12 bis 120 PS gebaut.

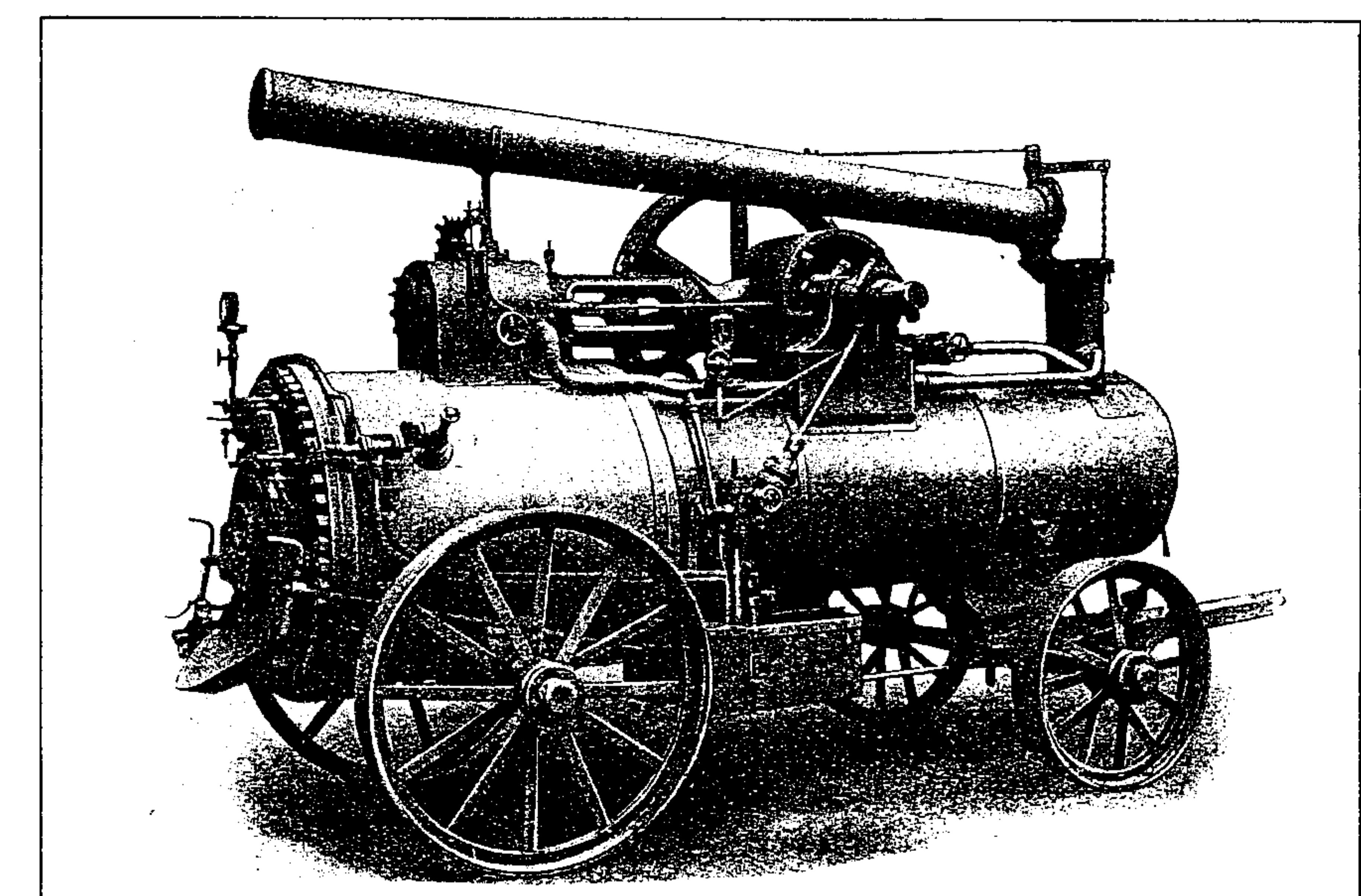


Bild 11.5.4.1/9: Heißdampf-Einzyylinder-Lokomobile von Henschel & Sohn (1925)

11.5.4.2 Maschinen der Halblokomobile

Das Konzept der baulichen Einheit von Maschine und Kessel war auch bei den versetzbaren oder verschiebbaren Lokomobilmaschinen sehr erfolgreich. Üblicherweise werden diese Maschinen als Halblokomobile oder Industrielokomobile bezeichnet. Am Anfang der Entwicklung wurden die Lokomobilmaschinen in unterschiedlichster Weise zum Kessel angeordnet, auf dem Kessel, daneben, vor oder hinter dem Kessel, unter dem Kessel u.a.m. Im Abschnitt 11.3 sind die wesentlichen Varianten wiedergegeben. Übriggeblieben sind von der Fülle an Konzepten nur zwei Bauweisen. Die klassische Anordnung bestand in der Aufsattelung der Maschine auf dem Kessel. In einigen Fällen wurden auch liegende Maschinen unter dem Kessel angeordnet. Im deutschsprachigen Raum spielte die letztgenannte Variante allerdings keine Rolle. Im Kapitel 14 werden die Halblokomobile im Einzelnen erläutert. Um Überschneidungen zu vermeiden, werden an dieser Stelle nur einige charakteristische Maschinen der Halblokomobile dargestellt. Die Beispiele sind chronologisch geordnet.

Beispiel 1: Lokomobilmaschine von C. Th. Hoppe (1850)

Neben den Maschinen von E. Alban zählen die von Hoppe zu den ersten eigenständigen Lokomobilmaschinen im deutschsprachigen Raum. Hoppe bezeichnete diese Ausführung als „transportable Hochdruckdampfmaschine“. Die Einzylindermaschine war schon auf dem Kessel aufgesattelt, und zwar mittig. Kessel und Maschine bildeten „ein Ganzes“. Ähnliche Maschinen sind von Hoppe auch mit Rädergestellen gebaut worden. Der Zylinder lag im Dampfdom. Die Maschine arbeitete mit Expansion!! Die innere Steuerung bestand aus dem Grundschieber zur Verteilung des Dampfes und einem Expansionsschieber. Beide waren als Flachschieber ausgeführt. Die äußere Steuerung bildeten zwei Exzenterantriebe. Soweit erkennbar, konnte die Füllung nicht während des Betriebes wechselnden Verhältnissen angepasst werden, sondern nur bei Stillstand. Die Kreuzkopfführung bestand aus einer einseitigen doppelten Rundführung. Der Sattel für die Kurbelwellenlager war direkt auf den Kessel genietet. Der Abstand zwischen dem Kessel und der Zylinderachse (und damit die Biegebeanspruchung) war recht groß. Die Kräfte des Triebwerks wurden durch runde Streben zwischen den Lagerböcken und dem Zylinder aufgenommen. Die Maschine war ausgezeichnet konstruiert und für damalige Verhältnisse sehr leicht gebaut.

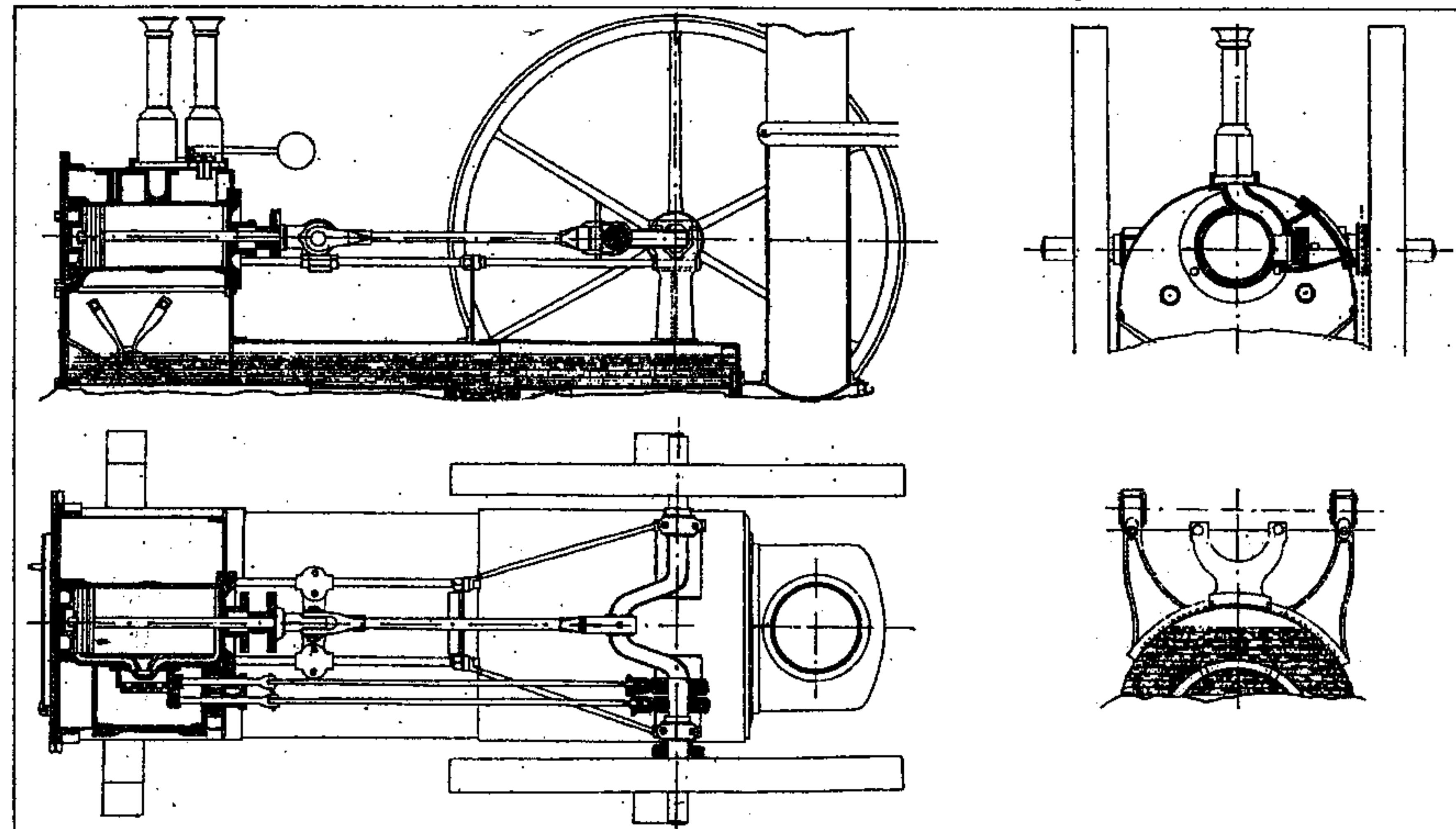


Bild 11.5.4.2/1: Lokomobilmaschine der Halblokobile von Hoppe (1850)

Beispiel 2: Lokomobilmaschine der Prager Maschinenbau-Actien Gesellschaft (um 1870)

Die Einzylindermaschine üblicher Bauart war für Sattdampfbetrieb ausgelegt. Das Besondere an der Maschine war das Grundgestell. Alle Baugruppen der Maschine, Zylinder, Kreuzkopfführung und Kurbelwellenlager, ruhten auf einem großen Grundgestell. Man vermied dadurch einen Einfluss der Kesselwärme und Wärmedehnung auf die Maschine und ihre Steuerung. Einige Daten der Maschine sind bekannt: Kolbendurchmesser 280 mm, Hub 450 mm, Dampfdruck 6at (Überdruck). Die Kurbelwelle war zweifach gelagert. Die Drehzahl von 70 U/min war selbst für damalige Verhältnisse relativ niedrig. Die Steuerung der Drehzahl erfolgte über einen Fliehkraftregulator und eine Drossel in der Zudampfleitung.

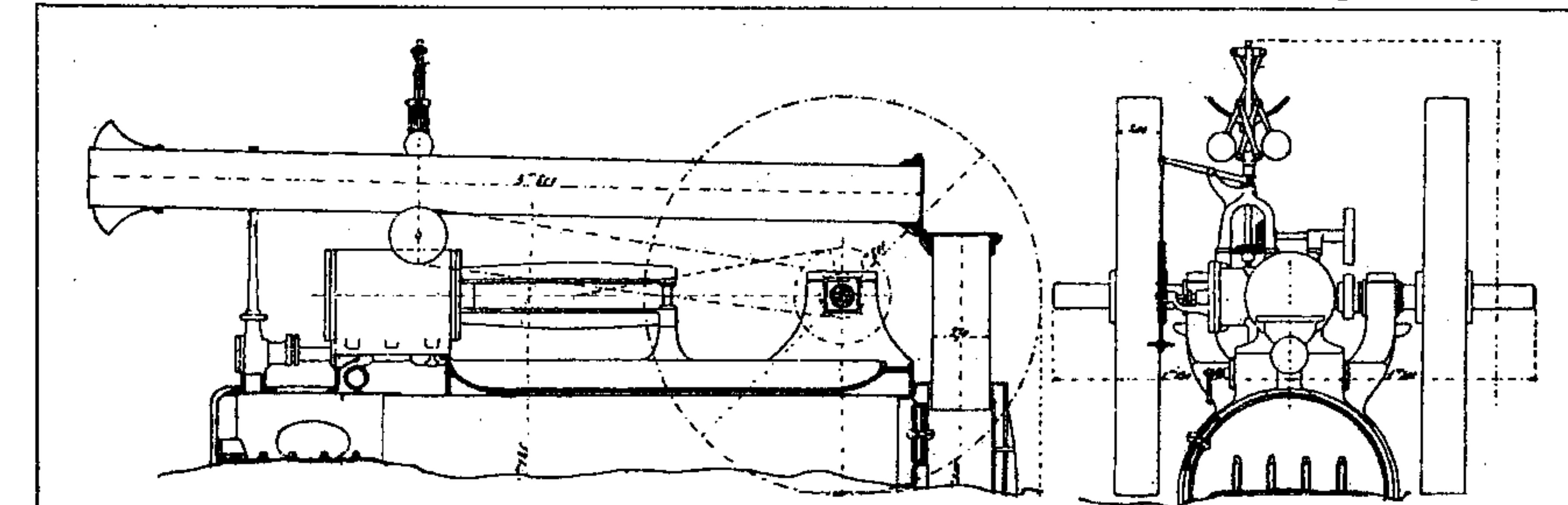


Bild 11.5.4.2/2: Skizze der Lokomobilmaschine (1870)

Beispiel 3: Lokomobilmaschine von R. Wolf (um 1890)

Die Zweizylindermaschine war als Zwillingsmaschine gebaut und hatte Expansion. Die Ausführung als Zwillingsmaschine war, wenn größere Leistungen verlangt wurden, vor der Verbreitung der Verbundmaschinen häufig anzutreffen. Die Zylinder waren seitlich am Dampfdom angeordnet. Ein Teil der Zylinder lag im Dom. Die innere Steuerung (Rider-Steuerung) bestand aus einem Grundschieber (Flachschieber) und dem drehbaren „Rider-Schieber“ (zylindrisch). Drehzahlniveau und Drehzahlkonstanz wurden über einen Fliehkraftregulator gesteuert, der mit Hilfe zweier Hebel völlig synchron die Veränderung des Füllungsgrades beider Zylinder im Betrieb gestattete. Die äußere Steuerung übernahmen je zwei Exzentertriebe. Die Baugruppen der Maschine waren getrennt auf dem Kesselmantel befestigt. Die Kurbelwelle war dreifach gelagert. Die einzelnen Lager waren auf einen stabilen Sattel aufgeschraubt.

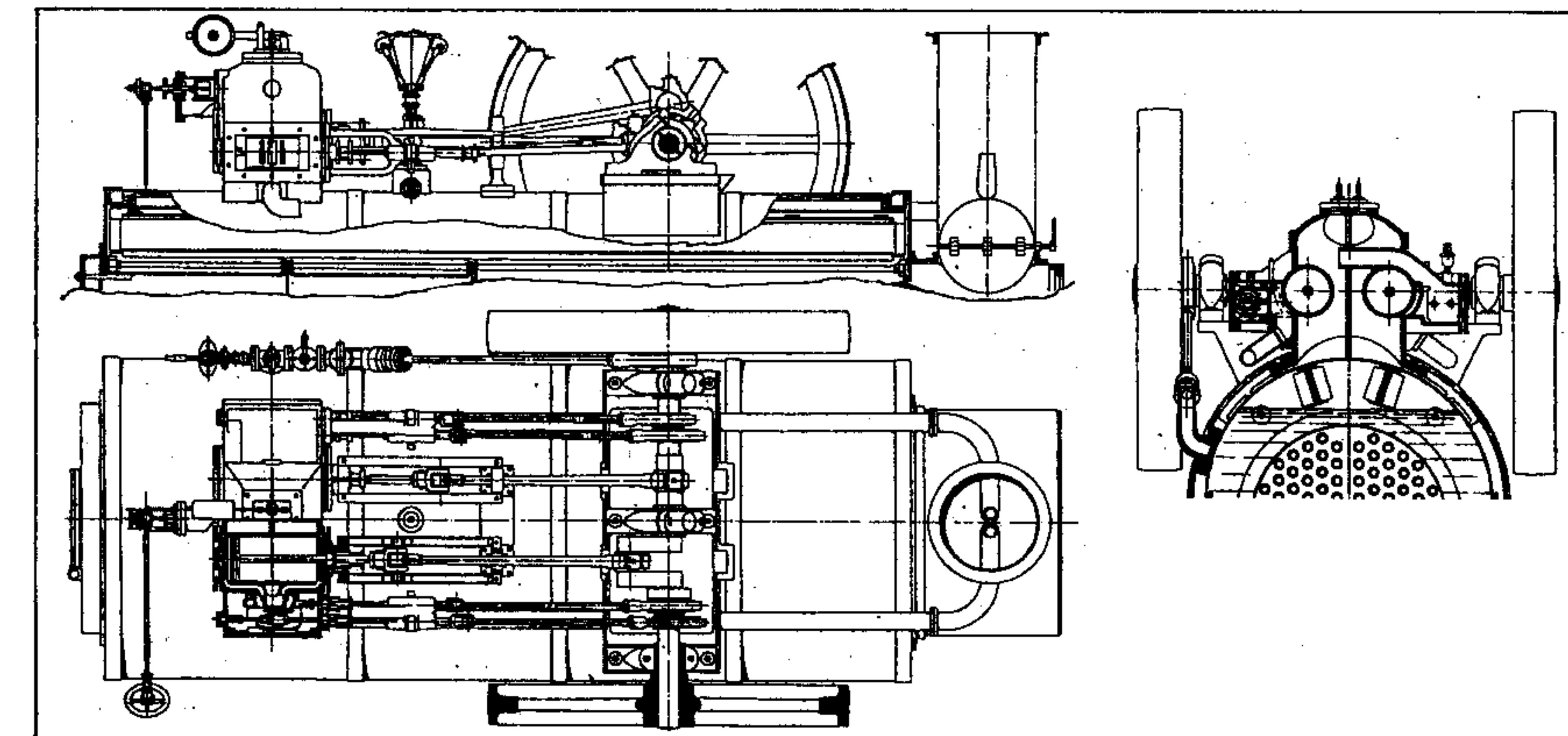


Bild 11.5.4.2/3: Zwillings-Lokomobilmaschine von R. Wolf (um 1890)

Beispiel 4: Lokomobilmaschine von R. Wolf (um 1896)

Das Beispiel zeigt eine größere Lokomobilmaschine mit zweifacher Expansion und parallel liegenden Zylindern. Diese Verbundmaschinen-Bauart hatte in Deutschland als erster R. Wolf 1883 bei Lokomobilen eingesetzt. Die beiden Zylinder lagen im Dampfdom bzw. besaßen einen Dampfmantel. Der Hochdruckzylinder hatte zur inneren Steuerung einen Flachschieber als Grundschieber und einen „Rider-Schieber“. Die äußeren Steuerungsorgane waren zwei Exzenter. Der Niederdruckzylinder hatte nur einen einfachen Flachschieber mit Exzenterantrieb. Zur Steuerung der Drehzahl bei veränderter Belastung reichte das aus. Die Kurbelwelle war dreifach gelagert. Die Lager waren auf dem separat liegenden Lagersattel verschraubt. Leistung 50 PS, Dampfdruck 10 at Überdruck, Drehzahl 125 U/min.

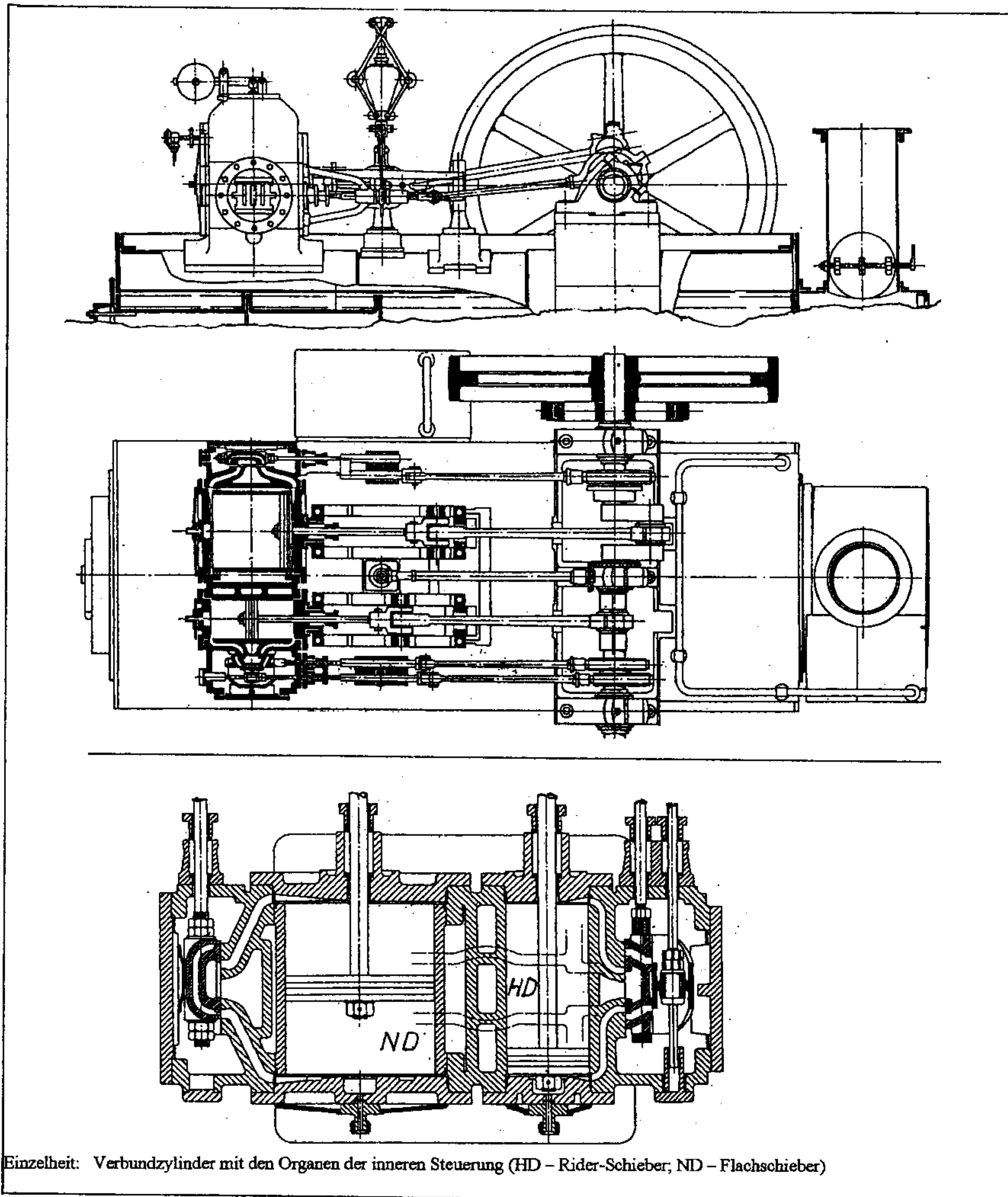


Bild 11.5.4.2/4: Verbund-Lokomobilmaschine von R. Wolf (um 1896)

Beispiel 5: Lokomobilmaschine von H. Lanz (um 1920)

Die Lokomobilmaschine einer mittleren Heißdampf-Halblokomobile war für den direkten Antrieb eines Generators vorgesehen. Der Generatorläufer war direkt mit der Kurbelwelle verbunden. Derartige Lokomobile wurden als Antriebe für sogenannte „Kraftstationen“ verwendet. Das waren kleine, dezentrale Elektrizitätswerke, die eine Region mit elektrischem Strom belieferten. Die Einzylindermaschine hatte eine Kreuzkopfführung mit Abstützung am Zylinderdeckel und einer Abstützung auf dem Lagersattel der Kurbelwellen. Die Maschine besaß eine Ventilsteuerung „System Lenz“. Zur äußeren Steuerung und Füllungsveränderung diente ein Achsenregler ebenfalls „System Lenz“. Bei diesen Lokomobilmaschinen waren die Anforderungen an die Regelgüte hoch. Lastschwankungen durften nicht zu Drehzahlveränderungen führen. Die Leistung der Maschine lag bei ca. 100 PS.

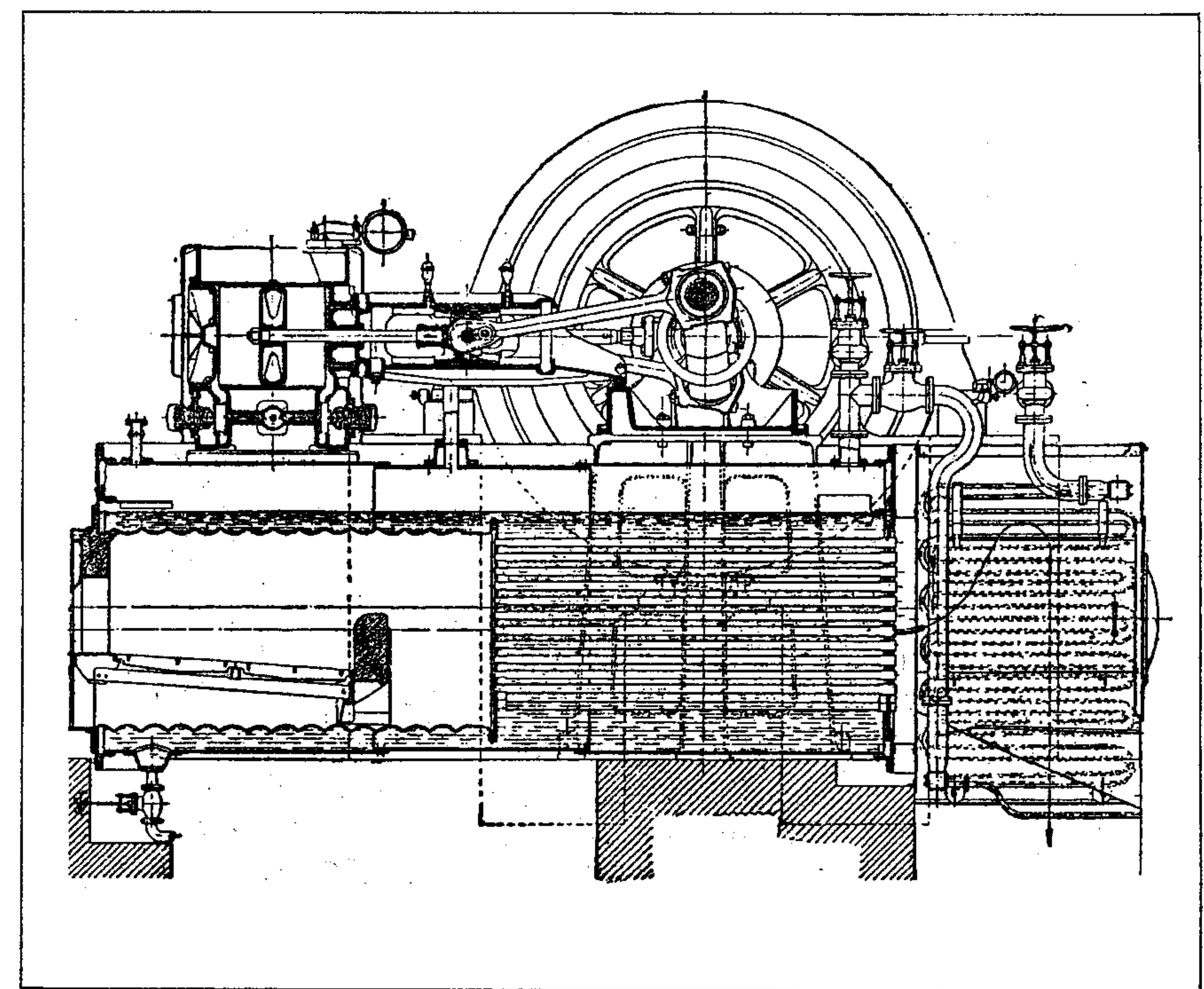


Bild 11.5.4.2/5: Lokomobilmaschine von H. Lanz (um 1920)

Beispiel 6: Lokomobilmaschine von Henschel & Sohn (um 1924)

Diese moderne Maschine wurde als Tandemmaschine ausgeführt. Als Steuerungsorgan der inneren Steuerung wurde ein Kolbenschieber verwendet. Die äußere Steuerung erfolgte durch einen Achsenregler. Das Besondere an der Ausführung von Henschel war u.a. die einteilige Bauweise von Zylinder, Kreuzkopfführung und Kurbelwellenlager. Alles war als eine große Baugruppe vormontiert und konnte bei der Gesamtmontage einfach auf den Kessel aufgesetzt werden.

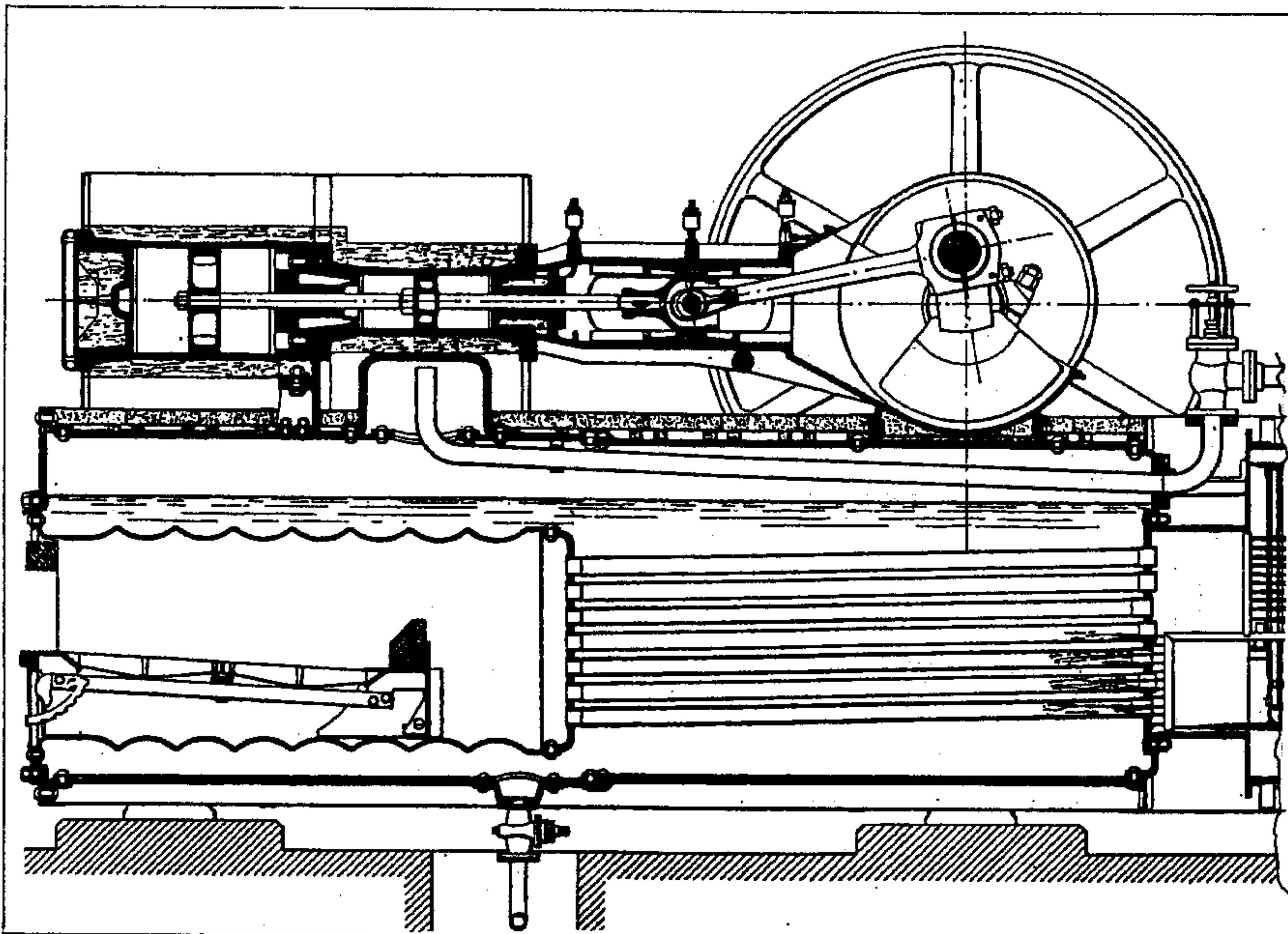


Bild 11.5.4.2/6: Tandem-Lokomobilmaschine von Henschel & Sohn (um 1924)

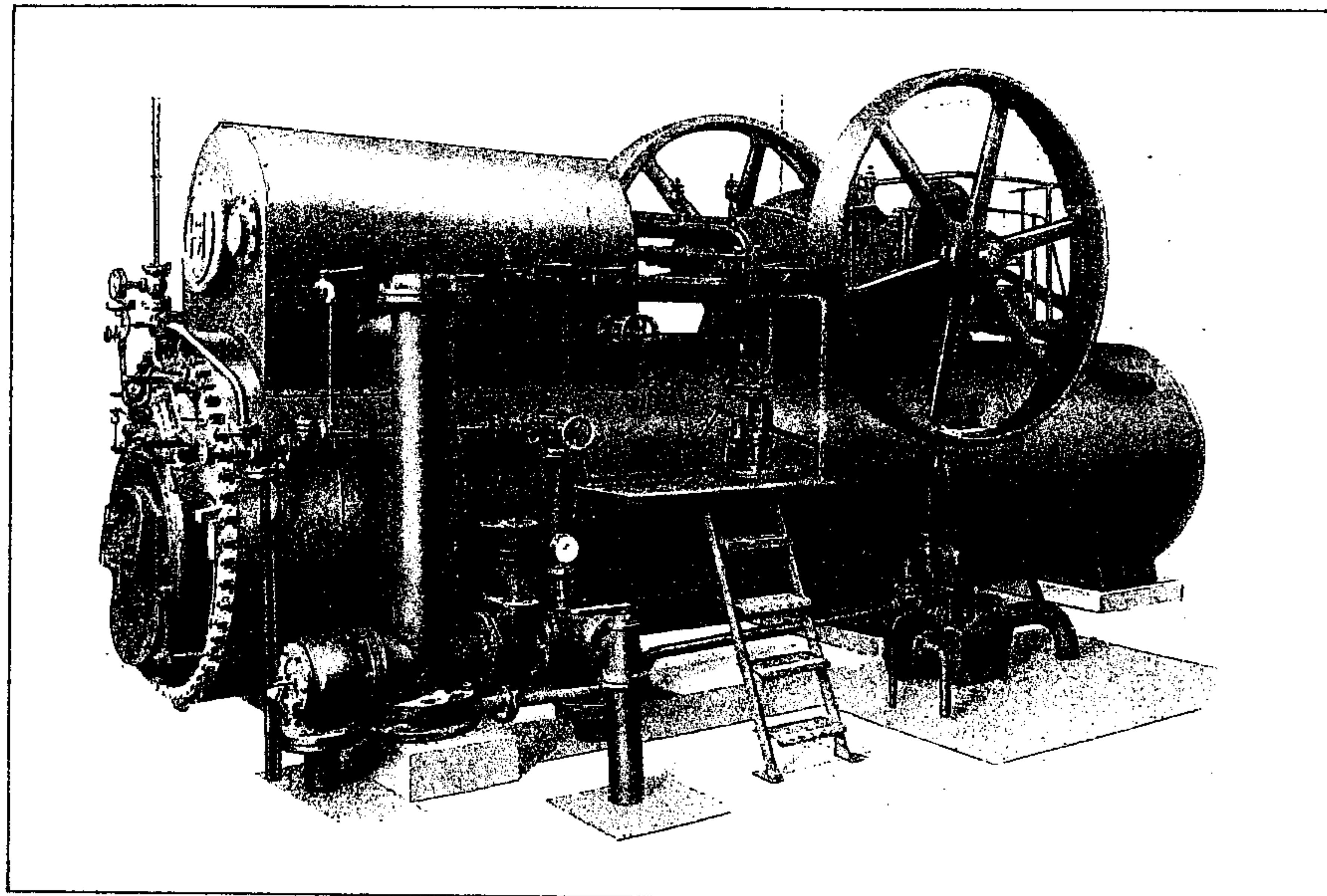


Bild 11.5.4.2/7: Heißdampf-Tandem-Lokomobilmaschine von Henschel & Sohn (um 1924)

11.5.4.3 Maschinen für Kesseldampfmaschinen, Gewerbe- und Hausmaschinen

In dieser Kategorie ortsvoränderlicher Kraftmaschinen waren die liegenden Maschinen ähnlich aufgebaut wie bei den in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen. Sehr häufig findet man die Anordnung einer liegenden Maschine neben dem Kessel auf einer gemeinsamen Grundplatte. Im Allgemeinen wurden Stehkessel verwendet.

Andere Ausführungen trifft man bei den Kraftmaschinen kleiner und sehr kleiner Leistung. Bei diesen Konstruktionen wurde auf einfachste Bedienung und hohe Betriebssicherheit Wert gelegt. Sie wurden oft in geschlossenen Räumen betrieben. Die Abfuhr der Heizgase erfolgte über den vorhandenen Kamin. Bei sehr vielen Ausführungen war eine Trennung der Hauptbaugruppen „Kessel“ und „Maschine“ nicht möglich. Es kamen spezielle Kessel und spezielle Maschinen zum Einsatz. Beide Teile waren so stark integriert, dass eine getrennte Betrachtung nicht mehr möglich ist. Ein Beispiel für diese Ausführung ist im untenstehenden Bild wiedergegeben. Es handelt sich dabei um den Gewerbemotor der Maschinenfabrik Friedrich und Jaffé, Wien. Diese Maschinen werden anhand einiger Beispiele im Kapitel 14 behandelt.

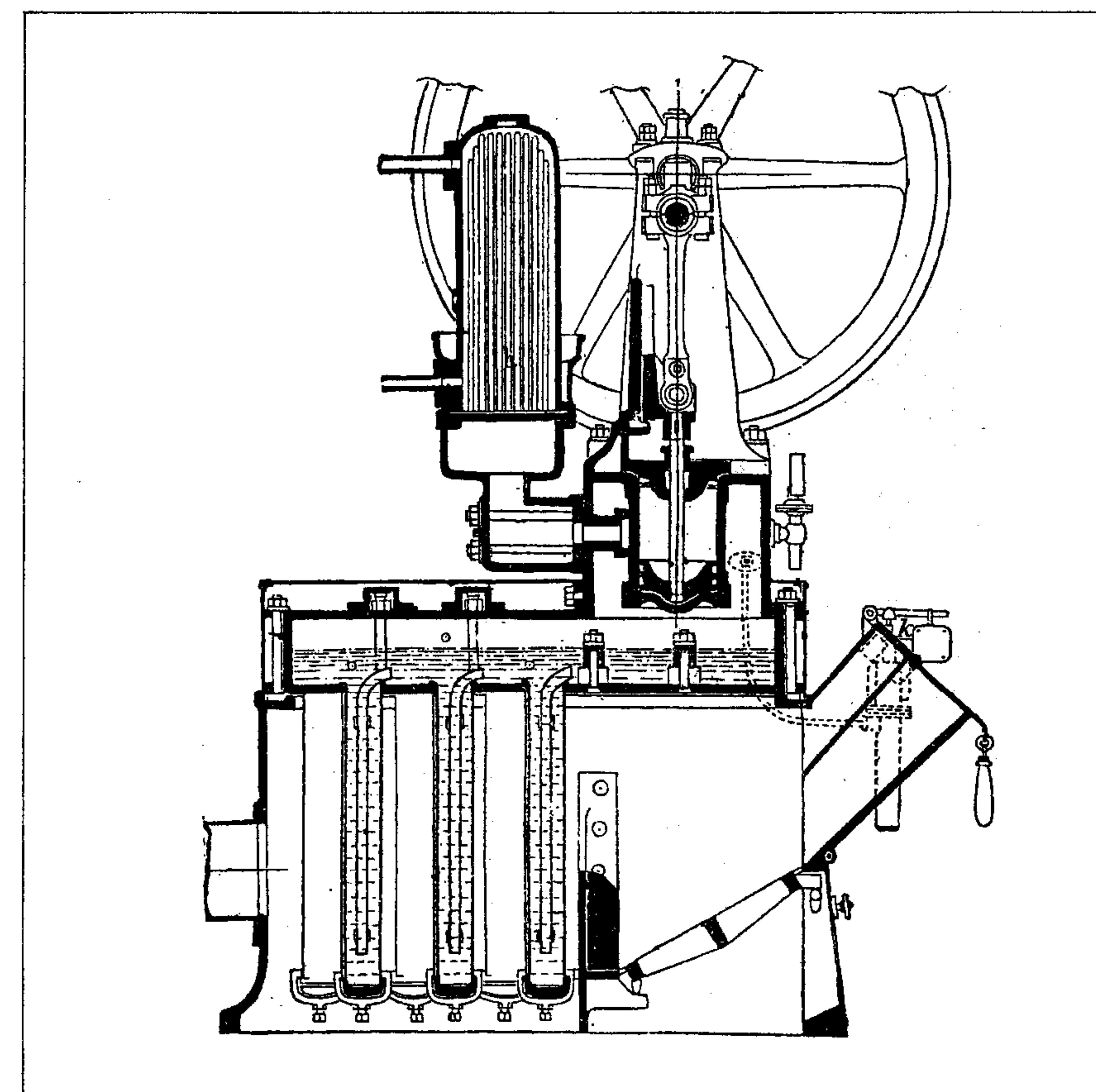


Bild 11.5.4.3/1: Gewerbemotor von Friedrich und Jaffé (um 1870)

11.5.4.4 Sonderbauarten von Lokomobilmaschinen

Es gab bei den Lokomobilmaschinen eine kaum zu überblickende Fülle an Ideen, die „traditionelle“ Maschinenbauweise mit Zylinder und Kurbeltrieb durch „moderne“ Konzepte zu verbessern. Fast alles, was an Erfindungen an schnelllaufenden Dampfmotoren, kolbenlosen Rotationsmaschinen, Flügelzellenmotoren etc. in den einschlägigen Publikationen z.T. mit Begeisterung gefeiert wurde, kam auch bei Lokomobilen zum Einsatz. Einen bescheidenen Erfolg hatten nur sehr wenige Konstruktionen. Die wesentlichsten Gründe waren: zu hoher Dampfverbrauch und damit hohe Betriebskosten, geringe Betriebssicherheit, mangelnde Steuerungsmöglichkeiten, zu teuer bei der Anschaffung und im rauen Betrieb nicht zuverlässig genug.

11.5.5 Lokomobilmaschinen mit Kurbelschleifenantrieb

Alle Maschinen mit Kurbeltrieben hatten den Nachteil, dass prinzipbedingt die Drehbewegung der Kurbel nicht gleichförmig war. Die über der Hublänge wirkenden Kolbenkräfte waren nicht gleich und die großen hin- und hergehenden Massen führten zu Schwingungen der gesamten Maschine. Diese periodischen Schwankungen übertrugen sich auf die Drehgeschwindigkeit (und Drehbeschleunigung). Sie mussten durch entsprechende rotierende Massen (Schwungräder) ausgeglichen werden. Trotzdem verblieben in der Praxis beim Betrieb der Maschinen deutlich spürbare Schwingungen, die sich nachteilig auf die Zuverlässigkeit auswirken konnten. Nur ein Kurbeltrieb mit unendlich langer Pleuelstange verhinderte einen Teil dieser Nachteile. Vom physikalischen Prinzip aus betrachtet besaß ein Schleifengetriebe eine „unendlich lange Pleuelstange“. Der Gedanke lag also nahe, Lokomobilmaschinen als Kurbelschleifenmaschinen zu bauen. Anhand der Skizze ist die Funktion eines solchen Getriebes erkennbar:

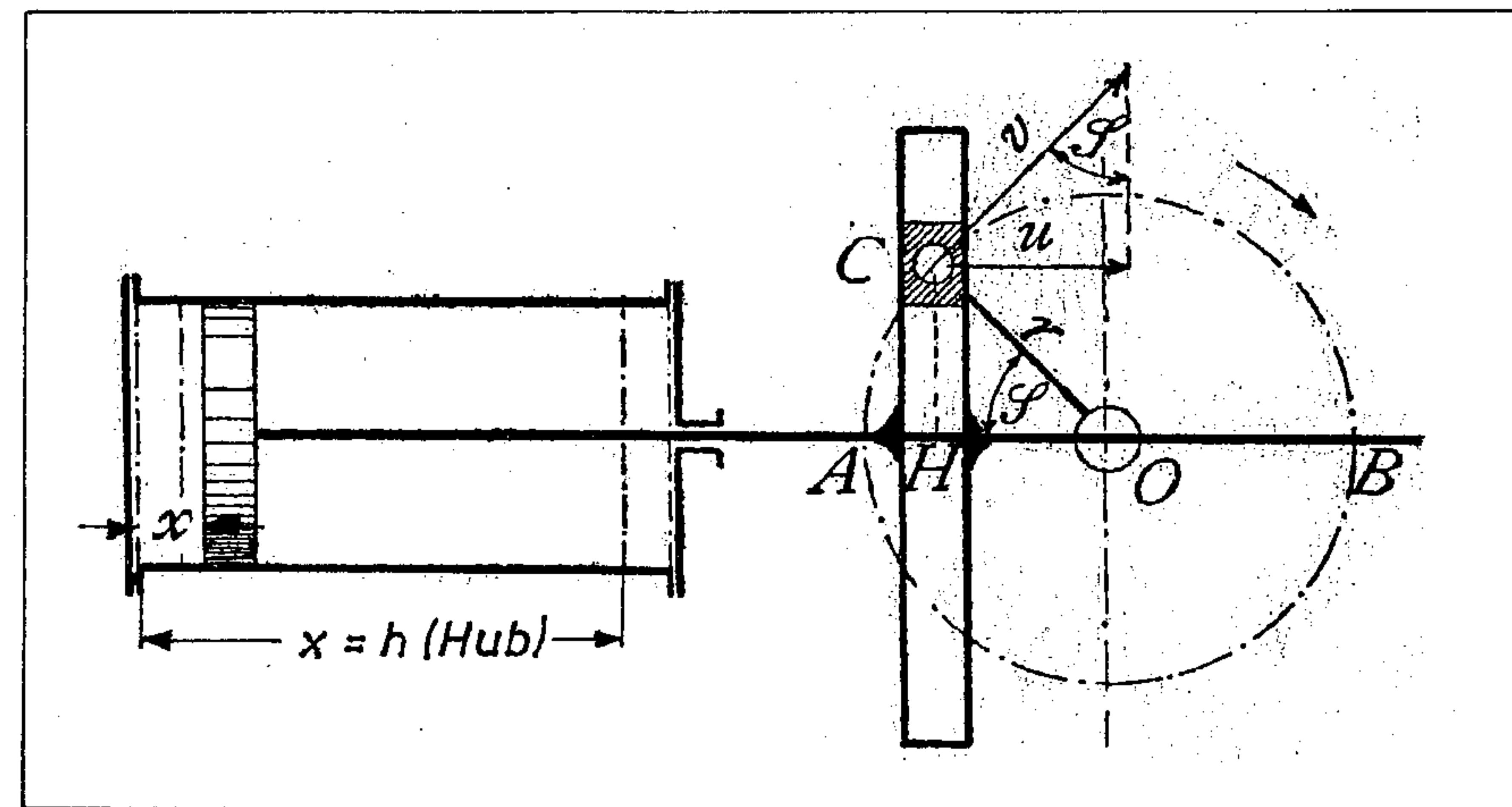


Bild 11.5.5/1: Prinzipskizze des Schleifengetriebes

Für den Kurbelwinkel φ ist der Kolbenweg x :

$$x = AH = AO - OH = r(1 - \cos \varphi)$$

Das ist das gleiche Ergebnis, dass man bei einem Kurbelgetriebe mit unendlich langer Pleuelstange erhält. Die Kurbelschleife kann als ein „Kurbelgetriebe“ mit unendlich langem Pleuel angesehen werden. Für $\varphi = 0$ ist $x = r$. Steht der Kolben in der Mitte des Hubes, ist die Kurbel genau bei 90° . Das ist bei einem Kurbeltrieb nicht der Fall.

Die Horizontalkomponente der Geschwindigkeit v des Kurbelzapfens sei u .

$$u = v \sin \varphi$$

Für $\varphi = 0^\circ$ und 180° wird $u = 0$, für $\varphi = 90^\circ$ und 270° wird $u = v$ ein Maximum. Die Veränderungen während einer Umdrehung sind stetig. Das wird auch am linearen Verlauf der Horizontalbeschleunigung k deutlich.

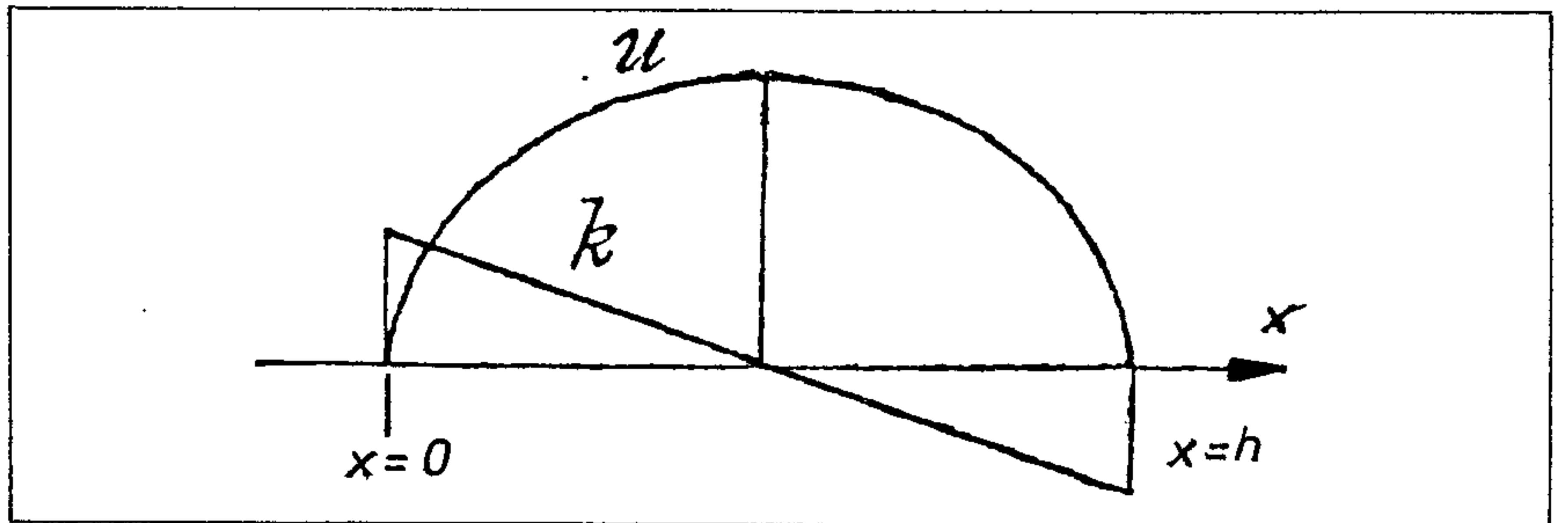


Bild 11.5.2: Verlauf von Horizontalgeschwindigkeit u und Horizontalbeschleunigung k

Die Physik der Kurbelschleifen wies in Bezug auf die Laufruhe im Vergleich zum Kurbeltrieb Vorteile auf. Die periodischen Schwankungen während einer Umdrehung waren deutlich geringer. Ein weiterer Vorteil war die sehr kurze Bauweise des gesamten Antriebs. In der Praxis haben Lokomobilmaschinen mit Kurbelschleifen nur in Einzelfällen Eingang gefunden. Die Vermeidung periodischer Schwankungen der Drehbewegung glich den Nachteil durch die meist größeren hin- und hergehenden Massen nicht aus. Die wesentlichen Gründe lagen aber in der aufwendigeren und damit teureren Bauweise. Technische Probleme kamen noch hinzu. Lokomobilmaschinen mit Kurbelschleifen wurden nach zwei unterschiedlichen Prinzipien gebaut, zum einen als Schleifenge triebe mit „Innenführung“ durch eine „Kulisse mit Stein“ (siehe Bild 11.5.1) sowie als Getriebe mit einer „Gleitführung außen“. Das folgende Beispiel zeigt die Maschine der von A. Stigler, München. Durch die kurze Bauweise konnten die wesentlichen Bauteile in einem einzigen Gussteil zusammengefasst werden. Die Kurbelwelle lag fast mittig. Die Schleife war nach dem Prinzip „Kulisse mit Stein“ gebaut worden.

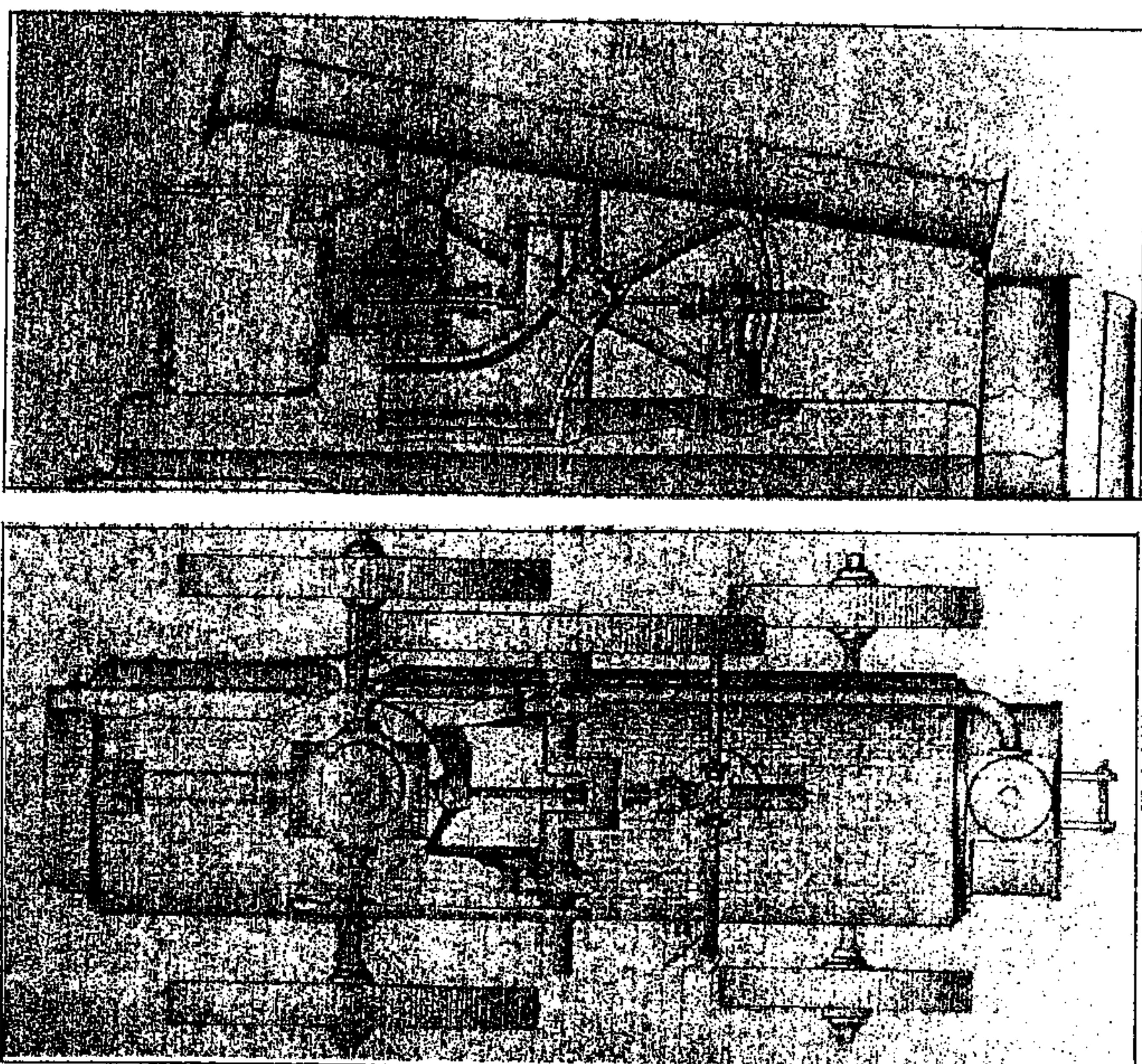


Bild 11.5.3:
Kurbelschleifentreib
an einer verfahrbaren
Lokomobile
(A. Stigler, 1865)

11.6 Stehende Lokomobilmaschinen

11.6.1 Bemerkung

Die stehende Bauweise bei Lokomobilmaschinen hatte eine lange Tradition. Sie war bei den frühen Lokomobilen in England und Frankreich verbreitet. Auch einige einheimische Hersteller setzten diese Bauweise bei Maschinen kleinerer Leistung ein. Stehende Maschinen hatten einige Vorteile, sie benötigten weniger Grundfläche, ihre Bauteile waren gut zugänglich und sie waren bei kleineren Leistungen meist preiswerter als liegende Maschinen. Diese Vorteile waren unabhängig davon, ob sie mit dem Kessel eine bauliche Einheit bildeten oder separat auf einer gemeinsamen Grundplatte mit dem Kessel standen. Die Standardbauweise bei stehenden Lokomobilmaschinen war die Anbringung am Kessel, und zwar am stehenden Kessel. Es gab aber auch Ausführungen, bei denen stehende Maschinen mit liegenden Kesseln oder mit Wasserrohrkesseln kombiniert waren. Stehende Maschinen auf liegendem Kessel sind auch bei verfahrbaren Lokomobilen eingesetzt worden. Im Abschnitt 11.3 (Bild 11.3/5) sind einige prinzipielle Ausführungsvarianten wiedergegeben. Eine Erläuterung der eingesetzten Bauteile und deren Besonderheiten erübrigts sich. In der Grundbauweise als Lokomobilmaschine mit Zylinder, Steuerung und Kurbeltrieb unterschieden sich die Bauteile und Baugruppen nur unwesentlich von den liegenden Maschinen. Selbstverständlich mussten die Gestelle, Grundplatten etc. an die senkrechte Bauweise angepasst werden. Ähnliches galt für die Zylinderentwässerung, Steuerung, Schmierung u.a.m. Diese Besonderheiten sind im Zusammenhang mit der Ausführung der Maschinen unmittelbar verständlich und werden bei der Behandlung der gesamten Maschinen dargestellt.

Die in den vorangegangenen Abschnitten gemachten Festlegungen zum Aufbau der Maschinen, Drehrichtung etc. gelten sinngemäß auch für die stehenden Maschinen. Ergänzt werden muss nur noch die „Richtung“ der Maschinen. Es gab Maschinen in hängender Anordnung mit dem Zylinder oben und dem Schwungrad unten sowie in stehender Anordnung.

Im Folgenden werden anhand von Beispielen einige stehende Lokomobilmaschinen erläutert. Typischer Einsatzbereich der Maschinen war der Bereich kleiner bis mittlerer Leistung bis etwa 30 PS. In Ausnahmen, bei großen Gewerbemotoren, gingen die Leistungen bis 60 PS. Einzylindermaschinen waren vorherrschend. Wenn Zweizylindermaschinen eingesetzt wurden, waren es bei kleinen Leistungen im Allgemeinen oszillierende Ausführungen, große Zweizylindermaschinen hatten Standardbauweise. Der Übergang zu den Dampfmaschinen der Kesseldampfmaschinen, Hausmaschinen etc. mit ihren weitgehend in den Kessel integrierten Maschinen war fließend.

11.6.2 Beispiele ausgeführter Maschinen

11.6.2.1 Maschinen verfahrbarer Lokomobile

Die Bauarten der stehenden Lokomobilmaschinen werden im Folgenden anhand einiger Beispiele erläutert. Sie sind chronologisch geordnet. Bei den verfahrbaren Lokomobilen waren ein- und zweiachsige Ausführungen üblich. Es wurden, insbesondere in der Anfangsphase der Entwicklung, alle erdenklichen Kesselkonstruktionen eingesetzt.

Beispiel 1: Lokomobilmaschine von Hambruch, Vollbaum & Co, Elbing (1864)

Diese frühe Bauart ist selbst bei den sehr variantenreichen Ausführungen bei Lokomobilen etwas Besonderes. Der Hersteller hatte versucht, mit minimalem Aufwand eine Lokomobile zu bauen, die mit geringem Umbau den Einsatzort wechseln konnte. Gezogen wurde die Maschine mit Hilfe einer Gabeldeichsel von einem Pferd. Maschine und Kessel waren nicht getrennt. Die Lokomobile hatte nur eine Achse. Die Schwungräder waren gleichzeitig Laufräder. Die Achse ging durch den Kessel. Das rechte „Schwungrad“ wurde über eine Außenkurbel direkt angetrieben. Zum Betrieb einer Arbeitsmaschine musste die gesamte Lokomobile mit Hilfe von vier Schraubspindeln vom Boden abgehoben werden.

Der Zylinder stand auf dem Deckel des Kessels. Der obere Zylinderdeckel und die Kreuzkopfführung waren eine Einheit. Über einen Balancier wurde die Pleuelstange bewegt. Der Zylinder hatte eine einfache Flachschiebersteuerung. Zur äußeren Steuerung diente ein Exzenter auf der zentralen Achse. Die Leistung der Maschine lag bei etwa 2 PS.

Theoretisch konnte bei herabgelassener Maschine die Fortbewegung der Lokomobile durch den Antrieb des „Laufrades“ unterstützt werden.

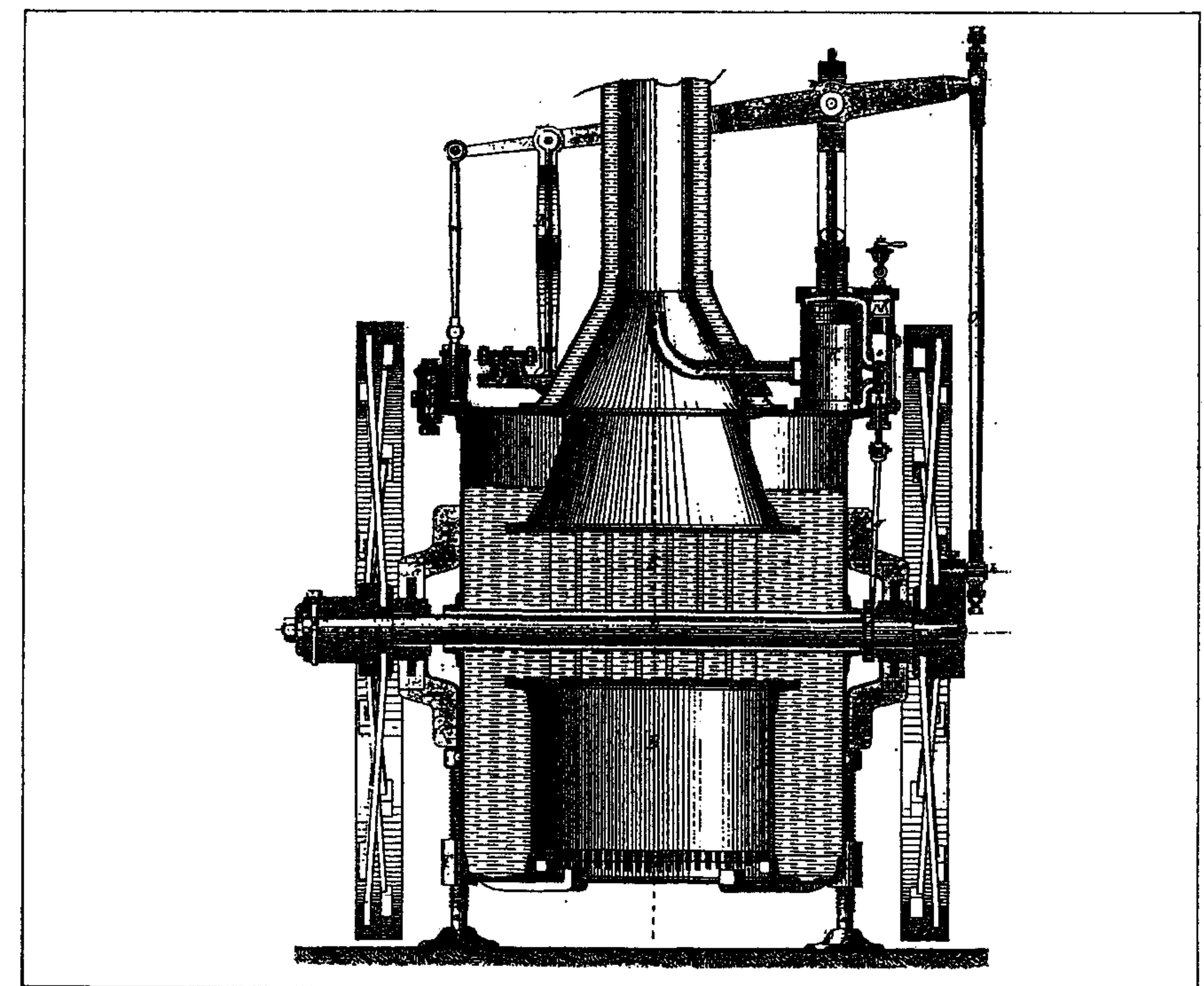


Bild 11.6.2.1/1: Lokomobilmaschine mit Balancier von Hambruch, Vollbaum & Co (1864)

Beispiel 2: Lokomobilmaschine von Hambruch, Vollbaum & Co (1865)

Dieses Beispiel zeigt die Weiterentwicklung der Maschine aus dem Jahr 1864. Es ist typisch für die rasche Umsetzung von Betriebserfahrungen. Die anfällige Mechanik mit dem Balancier und der Schiebersteuerung vermied der Hersteller bei dieser verbesserten Version. Auch die frei liegende Außenkurbel war in der Praxis ein Ärgernis. Sie wurde oft beschädigt. Den Antrieb übernahm nun eine doppelt wirkende oszillierende Maschine mit einem Zylinder. Sie war hängend, seitlich oberhalb des Kesseldeckels angeordnet und wirkte direkt auf die Treibachse.

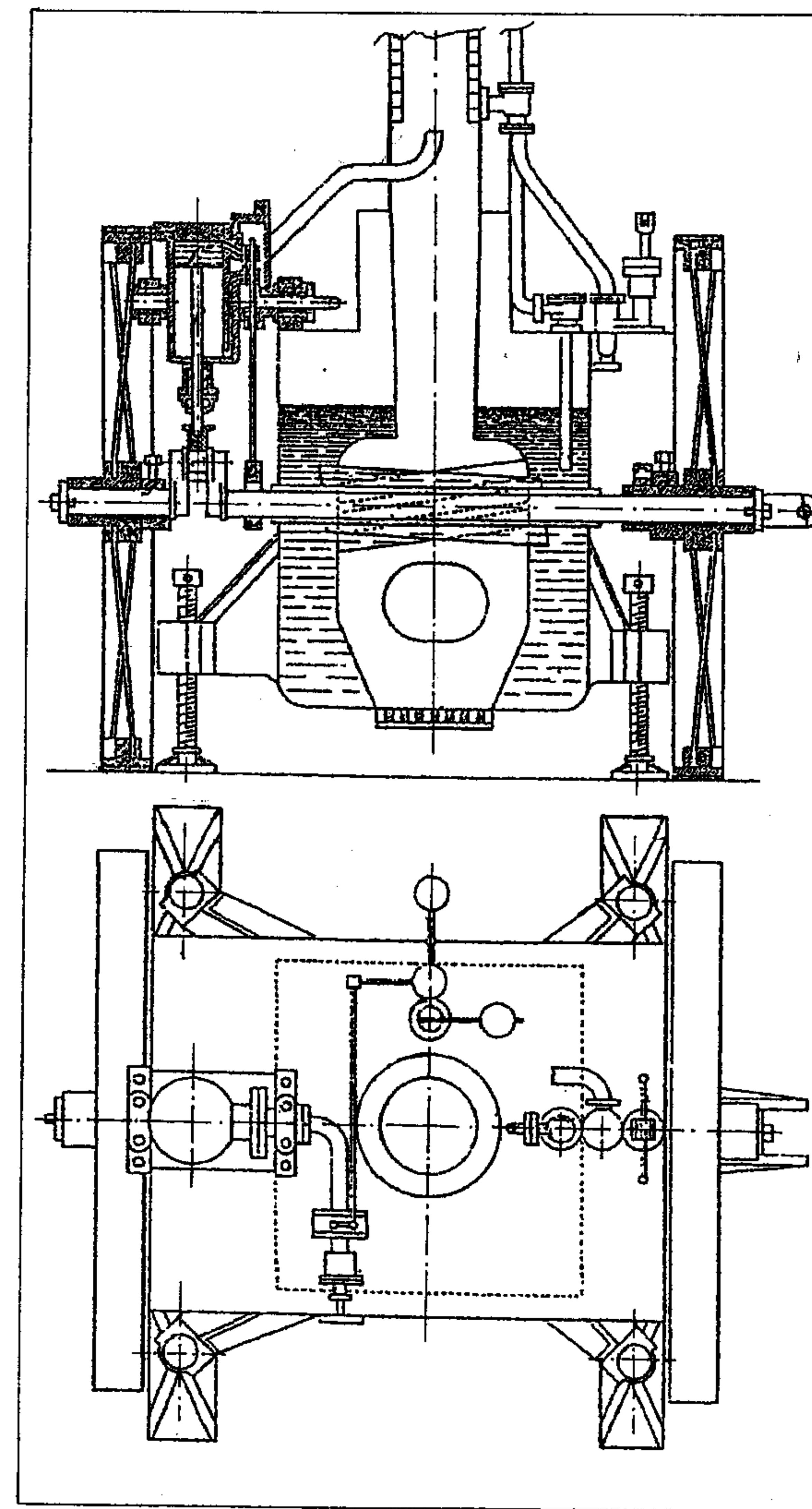


Bild 11.6.2.1/2:
Prinzipskizze der
oszillierenden
Lokomobilmaschine
von Hambruch, Vollbaum & Co
(1865)

Beispiel 3: Lokomobilmaschine von Joh. Haag (um 1870)

Die Maschinenfabrik von Joh. Haag aus Augsburg baute ab etwa 1869 Lokomobile und Kesseldampfmaschinen. Neben den üblichen Bauarten mit Zylindern und Kurbelrieben wurden auch Lokomobilmaschinen mit oszillierenden Maschinen nach eigenem Patent hergestellt. Die Maschinen ruhten meist neben einem Stehkessel auf einer gemeinsamen Grundplatte. Es gab sie in Ausführungen mit einem Zylinder und vermutlich auch mit zwei Zylindern. Die Zylinder besaßen einen Dampfmantel der vom Abdampf beheizt wurde. Die Ausführung der Maschine war patentiert. Die Steuerung der Dampfverteilung erfolgte durch Kanäle in den Lagerzapfen des oszillierenden Zylinders. Die Kurbelwelle trieb direkt einen Fliehkraftregulator an, der eine Drossel in der Hauptdampfleitung betätigte.

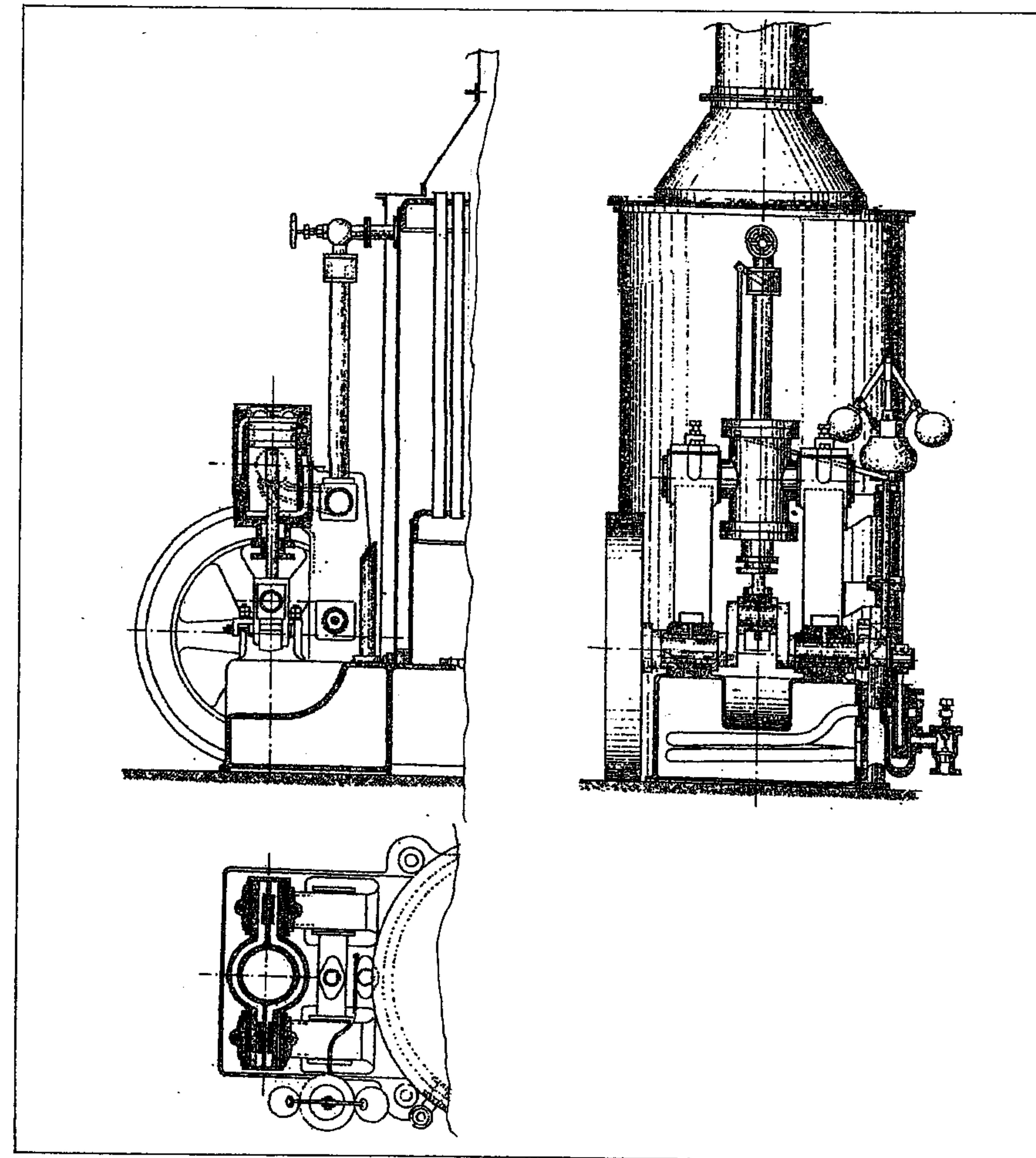


Bild 11.6.2.1/3: Prinzipskizze der oszillierenden Lokomobilmaschine
nach dem Patent von Joh. Haag
(1870)

Beispiel 4: Lokomobilmaschine von Joh. Haag (um 1875)

Ziel des Herstellers bei dieser Lokomobilmaschine war es, eine möglichst kompakte Maschine mit sehr hoher Leistung und mechanisch einfachem Aufbau auf den Markt zu bringen. Die Maschine war für sehr hohe Betriebsdrücke (vermutlich über 10 at) und hohe Leistungen (über 20 PS) ausgelegt. Die patentierte Konstruktion ist wohl einmalig. Die oszillierende Vierzylindermaschine arbeitete mit vierfacher Expansion. Die Expansionsgrade waren fest durch die Konstruktion vorgegeben. Die Zylinder waren hängend angeordnet. Zusammengehörende Hochdruck- und Mitteldruckzylinder, bzw. Mitteldruck- und Niederdruckzylinder arbeiteten auf einen Kurbelzapfen. Der Kurbelversatz lag bei 90°. Beide Zylinder besaßen einen Dampfmantel mit Abdampfheizung. Die Steuerung kam ohne zusätzliche bewegliche Teile aus. Sie war in den Lagerzapfen der oszillierenden Zylinder integriert.

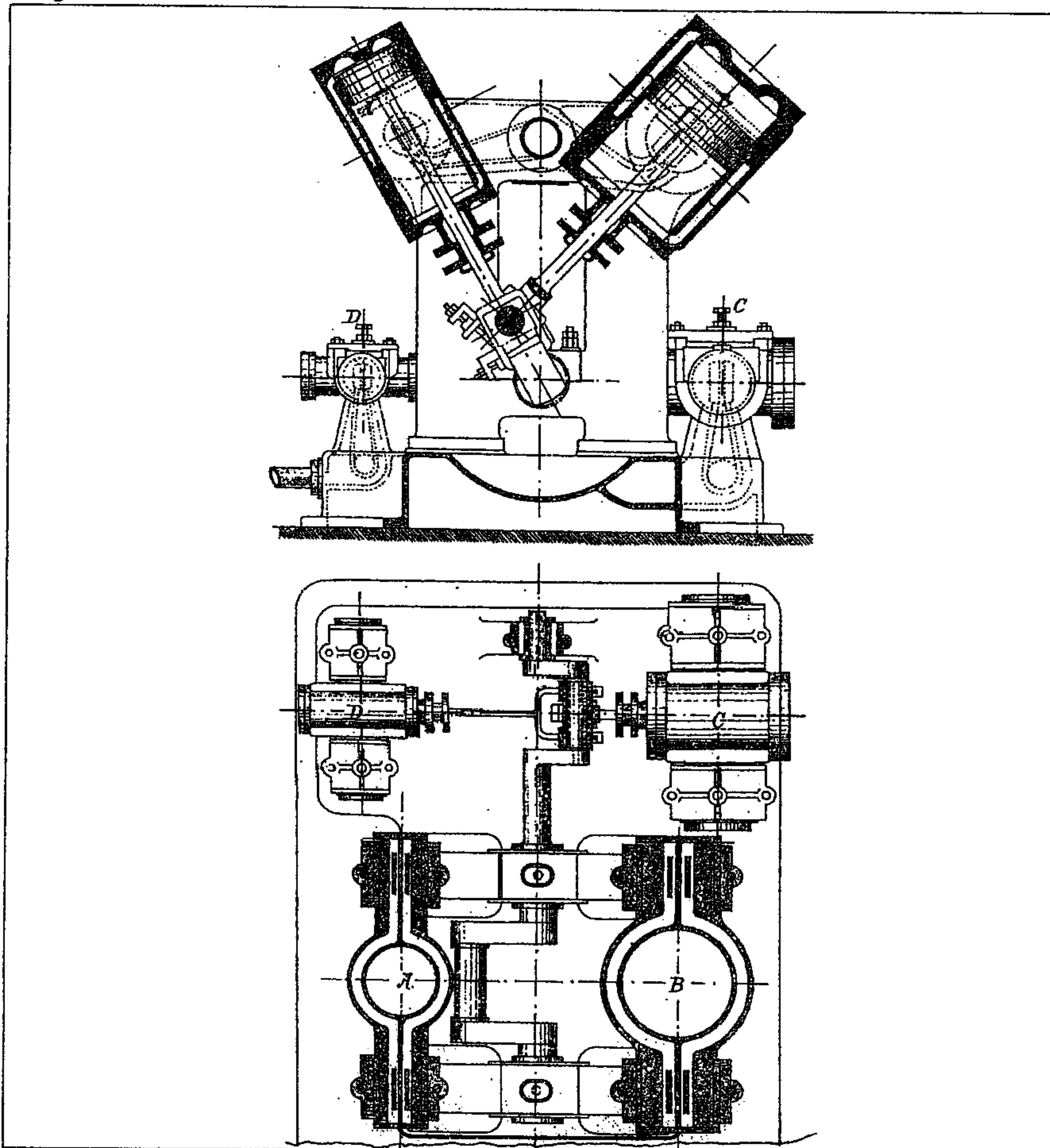


Bild 11.6.2.1/4: Prinzipskizze einer oszillierenden Lokomobilmaschine mit vierfacher Expansion, Patent von Joh. Haag (um 1875)

Beispiel 5: Standard-Lokomobilmaschine (um 1880)

Diese Bauart, als hängende oder stehende Einzylindermaschine direkt an einem Stehkessel befestigt, wurde von vielen Unternehmen für kleine Lokomobile verwendet. Auch bei verfahrbaren Lokomobilen kleiner Leistung waren diese Anordnungen üblich. Einige zweiachsige Lokomobile von H. Lanz, Mannheim, oder G. Bausch, Cannstatt, waren so gebaut. Ihre Leistungen gingen bis etwa 8 PS. Das Bild zeigt beispielhaft die Konstruktion mit einer separaten einteiligen Maschinen-Grundplatte. Sie vermied weitgehend die Wärmeübertragung und damit eine unterschiedliche Ausdehnung von Kessel und Maschine während des Betriebes. Zylinder, Kreuzkopfführung und die Lager der Kurbelwelle waren auf dieser gusseisernen Platte befestigt. Zur Führung des Kreuzkopfes diente eine einseitige Rundführung. Die innere Steuerung erfolgte über einen Flachschieber, die äußere Steuerung übernahm ein Exzentertrieb. Die gesamte Maschine war so einfach und robust wie möglich gehalten. Ähnliche Ausführungen gab es auch ohne Maschinen-Grundplatte. Die einzelnen Baugruppen waren dann direkt am Kessel befestigt.

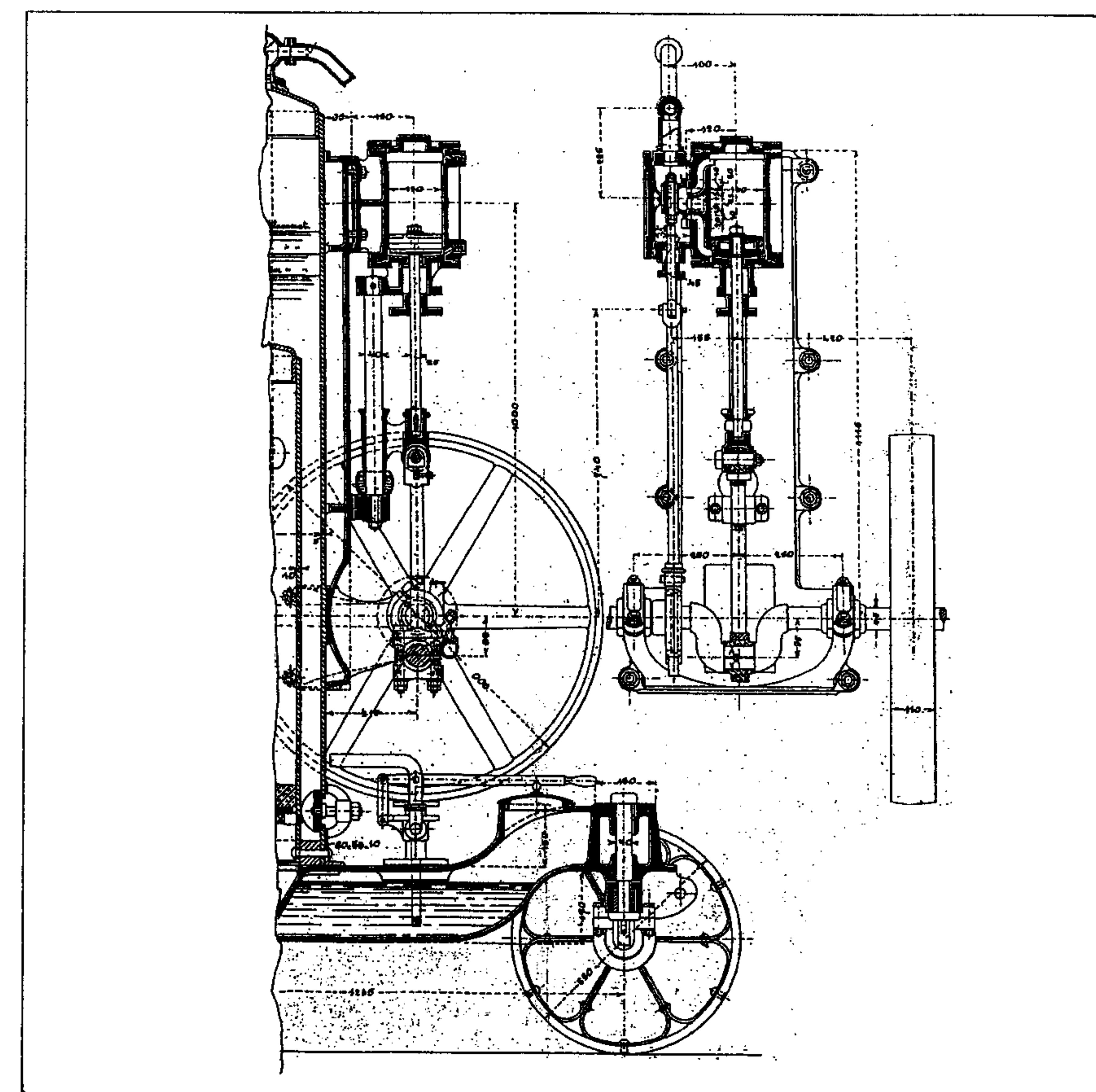


Bild 11.6.2.1/5: Einzylinder-Lokomobilmaschine, Standardbauweise (um 1880)

Beispiel 6: Stehende Dreizylinder-Maschine von Feodor Siegel, Schönebeck a/E

Die außergewöhnliche Konstruktion dieser Maschine soll genauer erläutert werden. Die Maschine wurde in verschiedenen Ausführungen und zwei Leistungsklassen gebaut. Zum einen als Kraftmaschine für stationäre Aufgaben, zum anderen als Antriebsmaschine für Pfluglokomotiven, ortsveränderliche Sondermaschinen und verfahrbare Lokomobile. Die Maschine war patentiert. Die Anforderungen, die F. Siegel der Entwicklung zugrunde legte, waren: hohe Leistung, kleinster Raumbedarf, wirtschaftlicher Betrieb durch während des Ganges variable Füllung, preiswerte Herstellung und robust im Einsatz. Bei der kleineren Ausführung wurde allerdings auf eine variable Expansion verzichtet. Bei dieser Maschine lag die Kurbelwelle oben, die Zylinder standen im Gehäuse.

Die größere Maschine wird hier detailliert dargestellt. Eine Lokomobile mit einer aufgesattelten Maschine von Siegel wurde beispielsweise auf der landwirtschaftlichen Ausstellung 1879 in Magdeburg gezeigt. Sie war einfach wirkend und hatte eine variable Expansion, die Kurbelwelle lag unten, die Zylinder waren hängend angeordnet. Die Hauptdaten:

- Zylinderdurchmesser 160 mm,
- Hub 240 mm,
- Drehzahl 250 U/min (Schnellläufer),
- Leistung 25 – 40 PS (effektiv),
- Kurbelwinkel 120°,
- Zylinder in Reihenanordnung,
- Betriebsdrücke: hoch (10 at und mehr möglich).

Die Maschine von Siegel arbeitete außerordentlich geräusch- und schwingungsarm. Durch den Einsatz einer einfach wirkenden Maschine und den Kurbelwinkel von 120° wurden eine sehr hohe Gleichmäßigkeit des Ganges und eine absolute Stoßfreiheit erreicht. Bei doppelt wirkenden Maschinen trat oft nach kurzer Zeit durch die abwechselnde Zug- und Druckbeanspruchung der Bauteile des Kurbeltriebs ein „toter Gang“ auf, der zu Stößen, Geräuschen und Schwingungen führte. Die Kolben waren bei Siegel sehr lang gebaut und gut geführt. Die Pleuelstange war direkt im Kolben gelagert. Der Kolbenbolzen lag weit oben. Die Seitenkräfte auf die Zylinderwände konnten dadurch minimiert werden.

Die Maschine wurde mit variabler Expansion ohne bzw. mit Umsteuerung gebaut. Die Expansionssteuerung der Maschine war einmalig. Von der Kurbelwelle A wurde über ein Kegelradgetriebe B, C mit einer Untersetzung von 1 : 2 die Steuerspindel DD₁ angetrieben. An deren oberen Ende befand sich der kegelige Drehschieberhahn E, der in dem Kanalstück F geführt wurde. H war das untere Lager der Steuerspindel, G das obere mit der Stopfbüchse. Die Steuerspindel DD₁ bestand aus zwei Teilen D und D₁, die durch eine Klaue M kraftschlüssig verbunden waren. Der Drehschieber E sorgte, analog zu den Verteilschiebern bei üblichen Doppelschiebersteuerungen von herkömmlichen Dampfmaschinen, für die Verteilung des Dampfes zu den Zylindern. Er funktionierte als „Verteilungskegel“. Ein zweiter aufgesetzter Kegel J, der Expansionskegel, sorgte für die Veränderung des Füllungsgrades während des Betriebes. Die Spindel K des Expansionskegels war bei L gelagert und durch eine Stopfbüchse gedichtet. Durch den Hebel N konnte von außen, entweder von Hand oder durch einen Regulator, die Füllung jederzeit an veränderte Belastungen angepasst werden.

Die Konstruktion der gesamten Maschine ist in der Tafel 11.6.2.1/1 in einigen Schnitten wiedergegeben. Die sehr kompakte Bauweise ist deutlich zu erkennen. Sie war ohne Veränderung sowohl für stationäre Antriebsaufgaben einsetzbar, als auch für verfahrbare Lokomobile und selbstfahrende Dampfwagen. In der Tafel 11.6.2.1/3 sind zwei Anwendungsfälle zu sehen, einmal als „Lokomobilmaschine“ und zum anderen als Antriebsmaschine einer selbstfahrenden Dampfpfluglokomotive.

In der Fig. A der Tafel 11.6.2.1/2 ist die Kanalverteilung im Kanalstück F und dem Expansionskegel wiedergegeben. Die Zylinderkanäle sind mit I, II und III gekennzeichnet. Die Frischdampfkanäle haben die Kennzeichnung α, die Abdampfkanäle β. Während einer Umdrehung des Steuerkegels treten sechs gleiche Expansions- und sechs gleiche Kompressionsperioden auf. Die kegelige Steuerfläche zwischen Verteilungskegel und Expansionskegel wurde durch die inneren Kräfte der Konstruktion immer dicht gehalten.

Die Fig. B zeigt den Verteilungskegel in verschiedenen Ansichten. Die Fig. C zeigt einige Ansichten des Expansionskegels. Es wurden zur Maschine von Siegel die entsprechenden Indikatordiagramme der einzelnen Zylinder aufgenommen. Die Bilder 1, 2 und 3 zeigen die genaue und sehr gleichmäßige Dampfverteilung für die verschiedenen Füllungsgrade.

Die Umsteuerung der Maschine erfolgte durch das Handrad o. Dazu wird die Maschine stillgesetzt. Fig. D zeigt das Prinzip. Eine einfache Drehung des Verteilungskegels in Richtung des Pfeiles A um den Winkel η bewerkstelligt die Umsteuerung. Die Mitnehmer im Handrad o (Fig. E) ist zweigeteilt. Ein Teil ist spindelfest, der andere Teil fest mit dem Handrad o verbunden. Beide Teile besitzen einen Spalt mit dem Winkel η. Dreht man mittels des Handrads den Verteilungskegel in Richtung des Pfeiles A, also in dem Sinne, in dem sich die Maschine vor der Stillsetzung bewegt hatte, so kommen die anderen Spaltflächen zur Anlage. Öffnet man nun das Dampf-Absperrventil, so läuft die Maschine in Pfeilrichtung B an, also im umgekehrten Drehsinn.

Die stehende Dreizylindermaschine von Siegel als stationärer Dampfmotor ist im Bild 11.6.2.1/6 wiedergegeben. Sie war als Kraftmaschine für die unterschiedlichsten Antriebsaufgaben in Gewerbebetrieben im Einsatz.

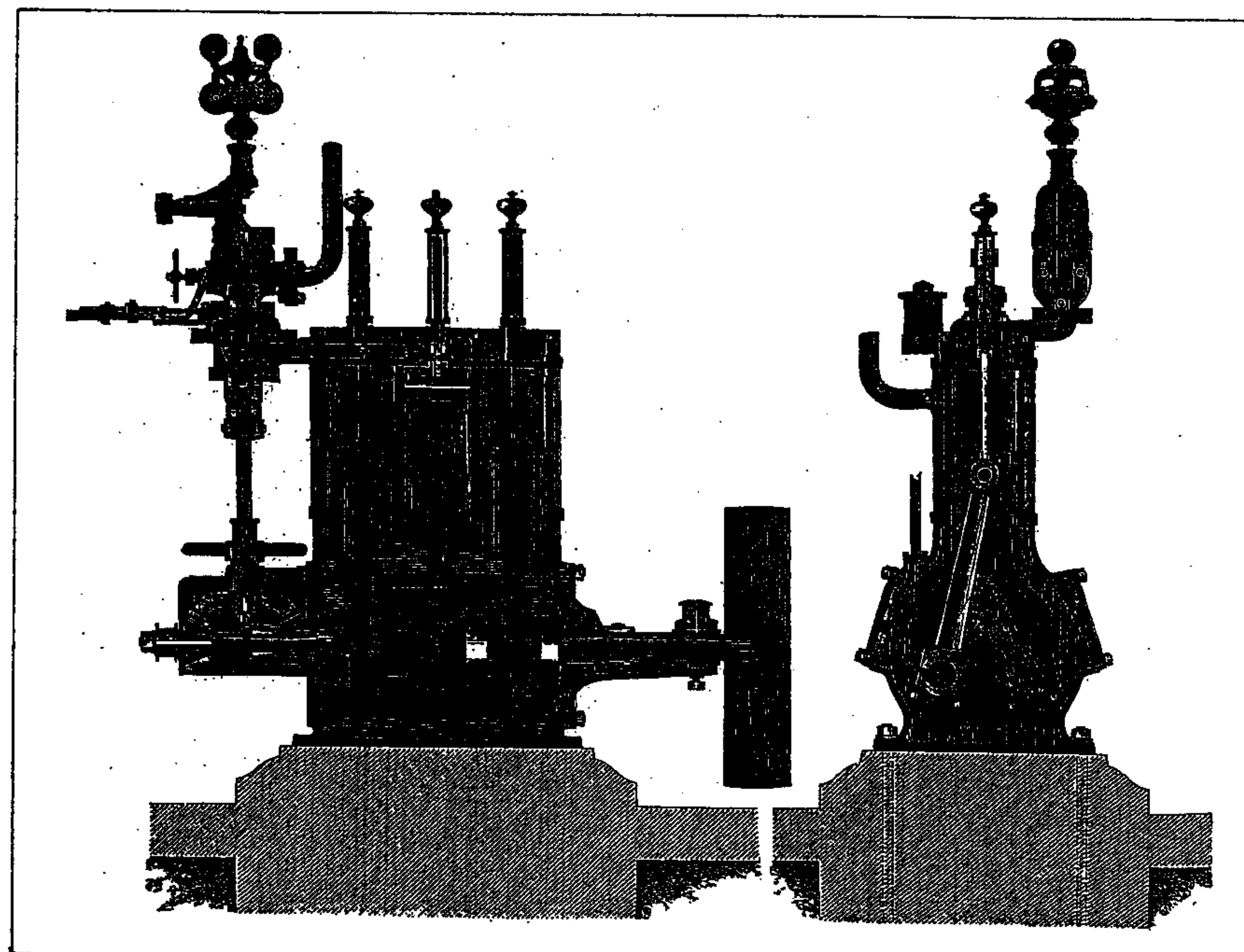
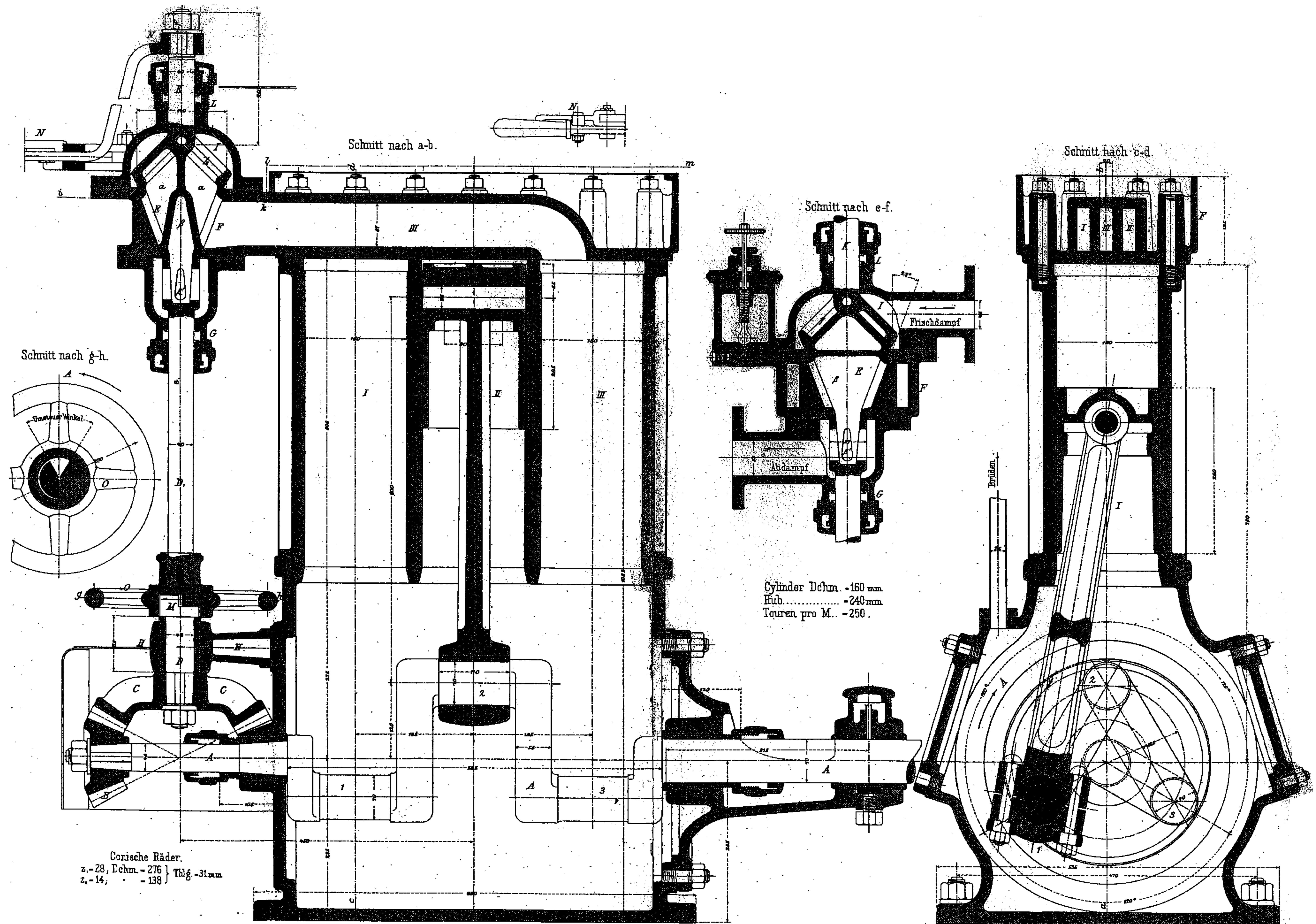


Bild 11.6.2.1/6: Dreizylindermaschine als stationärer Dampfmotor



Tafel 11.6.2.1/1: Konstruktionszeichnung der stehenden Dreizylinder-Maschine von Feodor Siegel, Schönebeck a/E (1879)

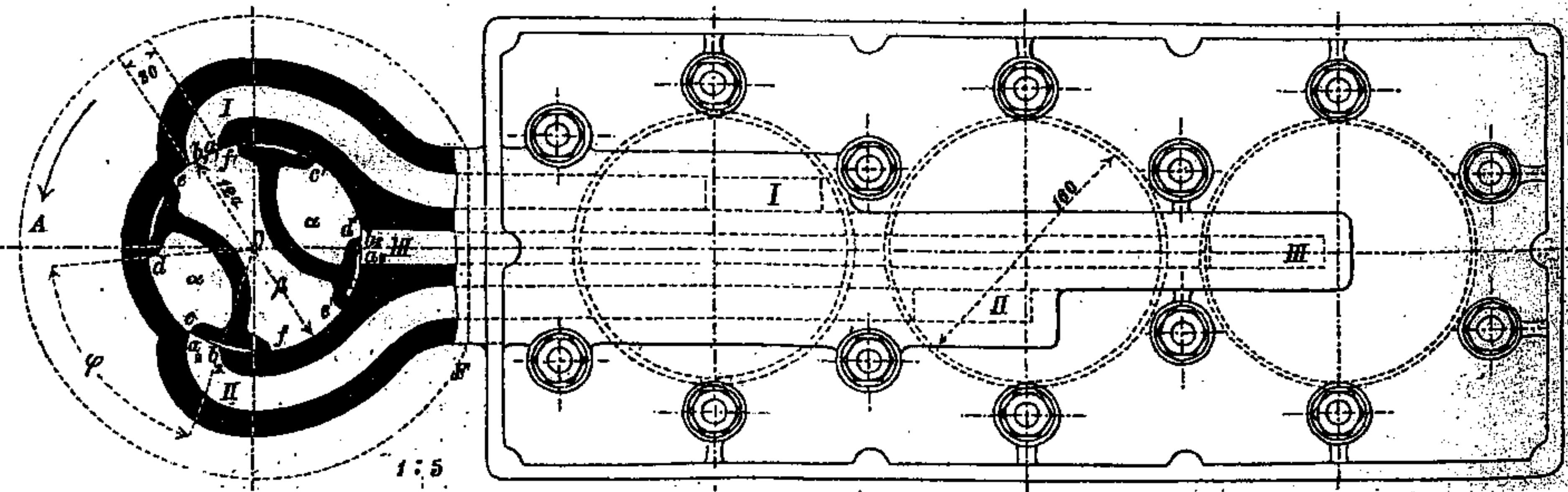


Fig. A

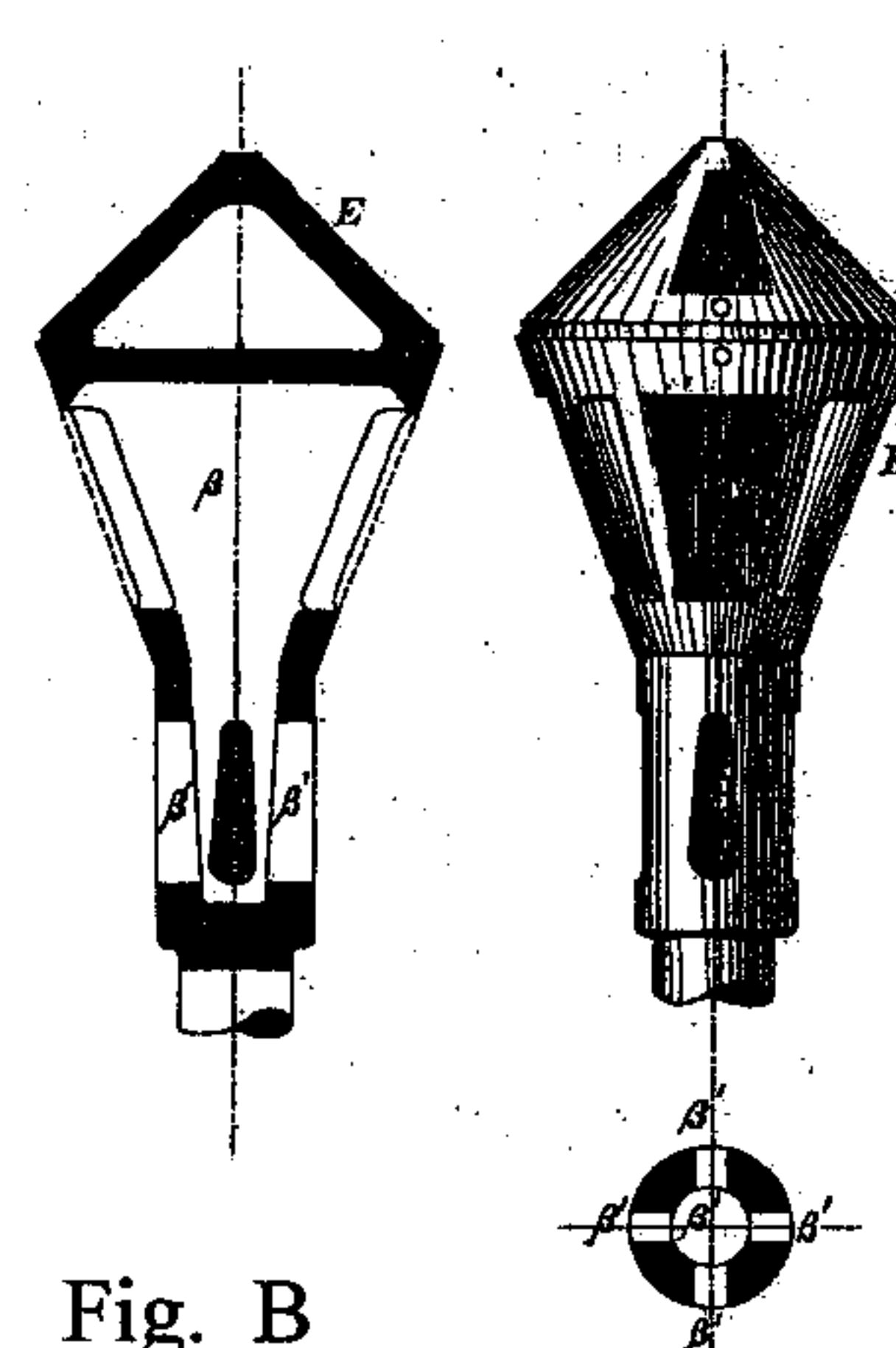


Fig. B

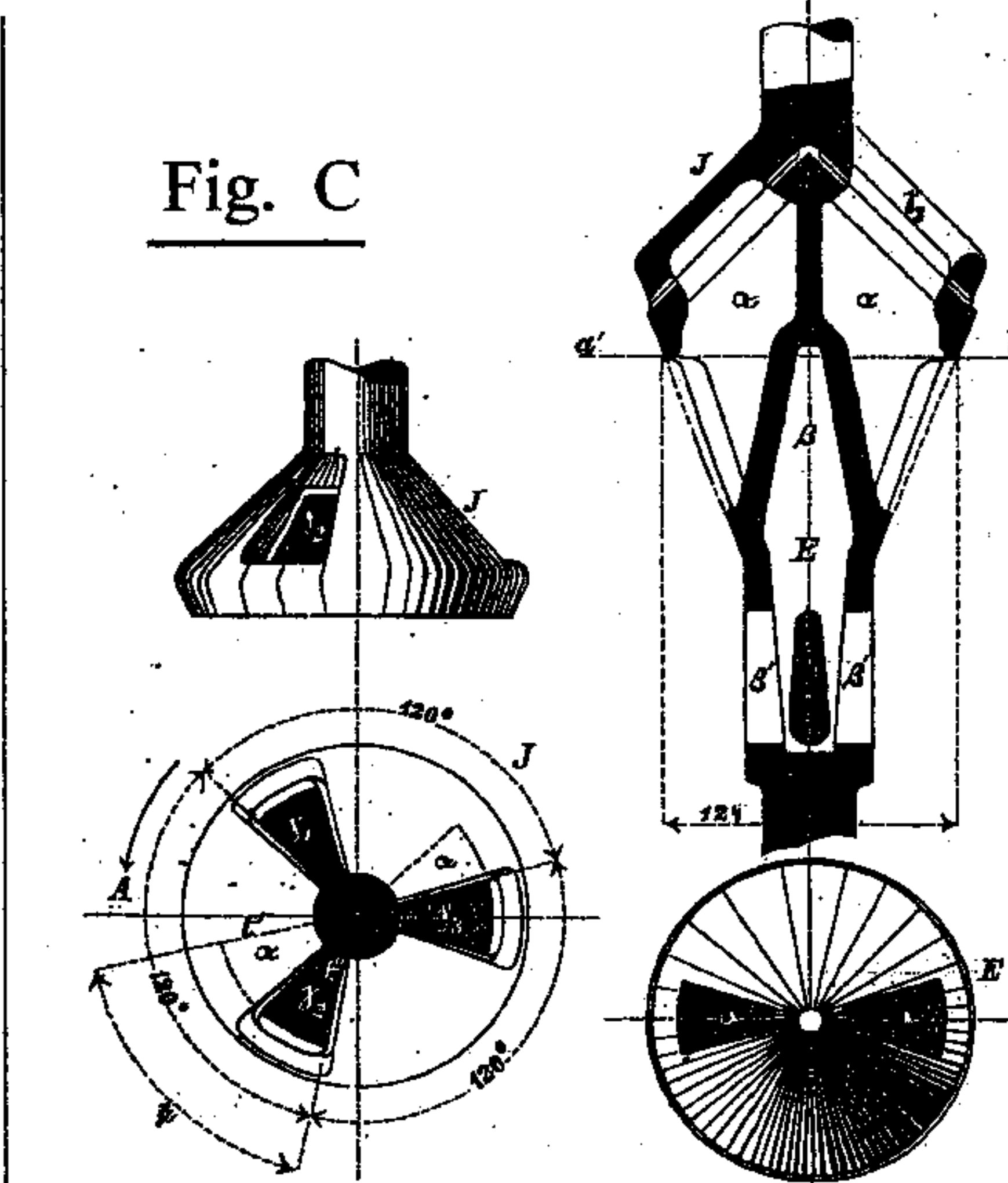
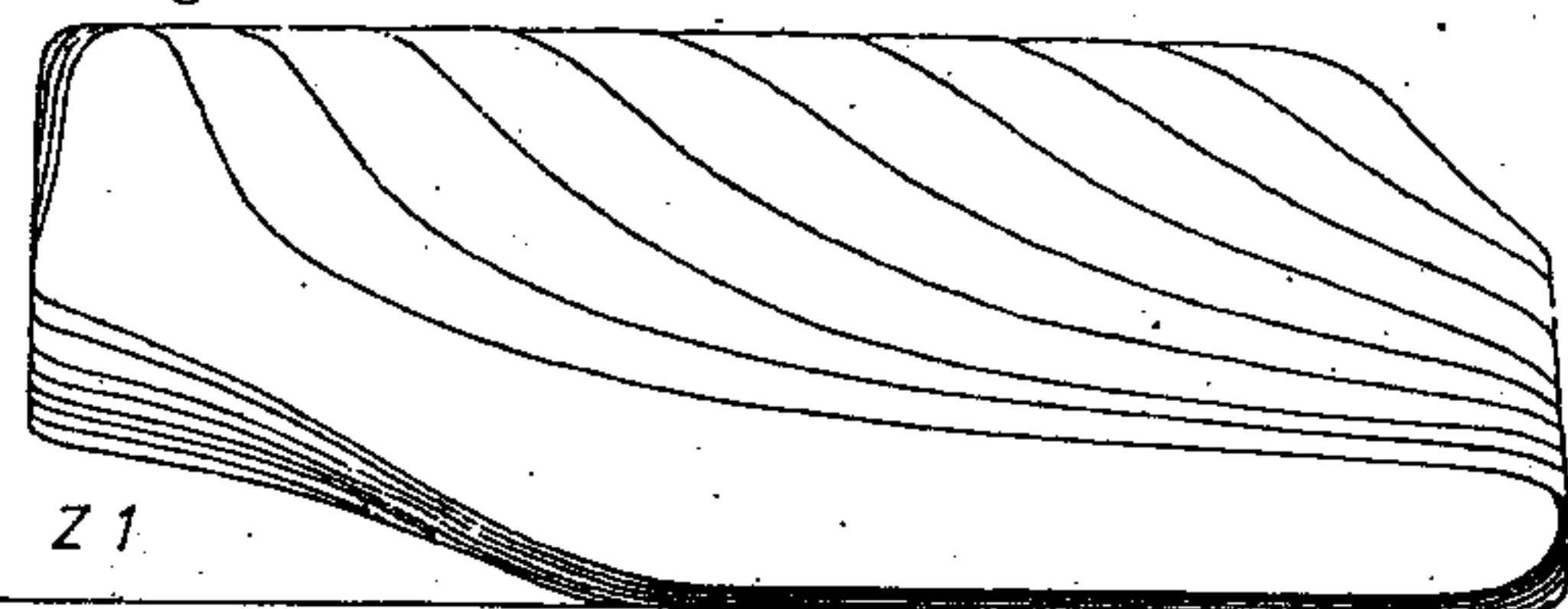
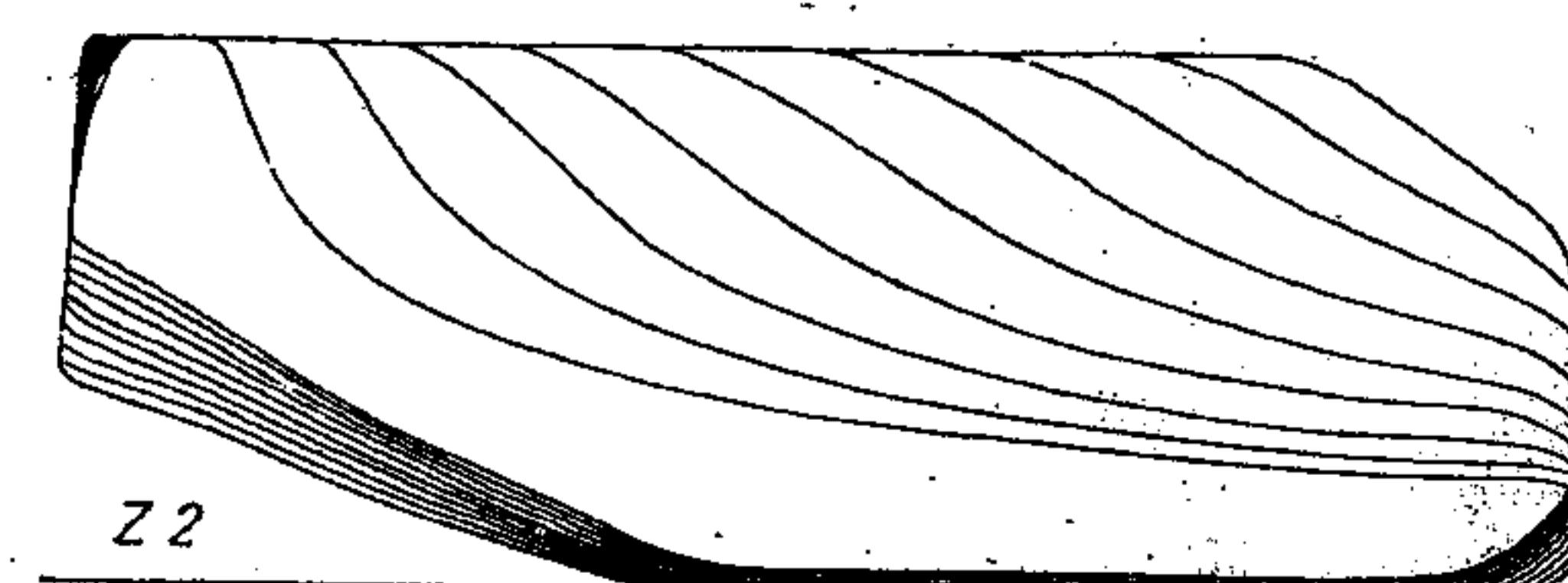


Fig. C

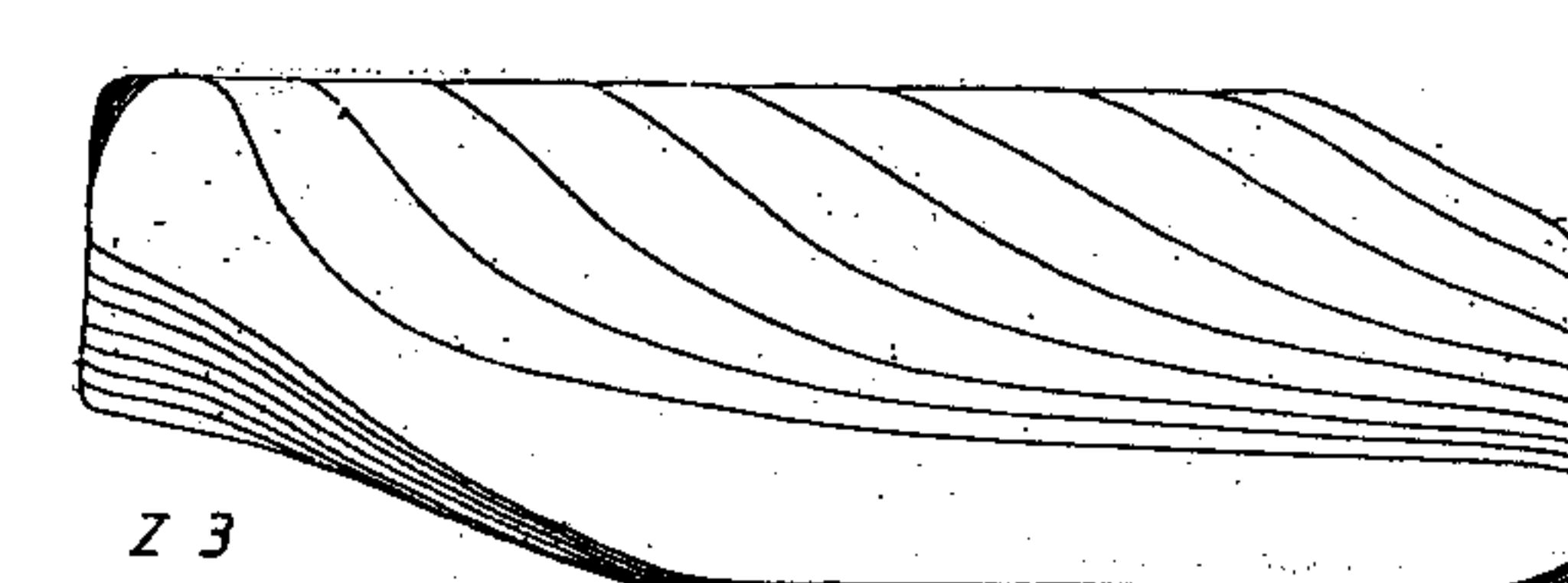
Indicator-Diagramme
einer Dreicylinder-Maschine von 160 mm Cylinderdurchmesser,
240 mm Hub, 250 Umdrehungen pro Minute, bei verschiedenen
Füllungen:



Z 1



Z 2



Z 3

Bild 1 bis 3: Indikator-Diagramme

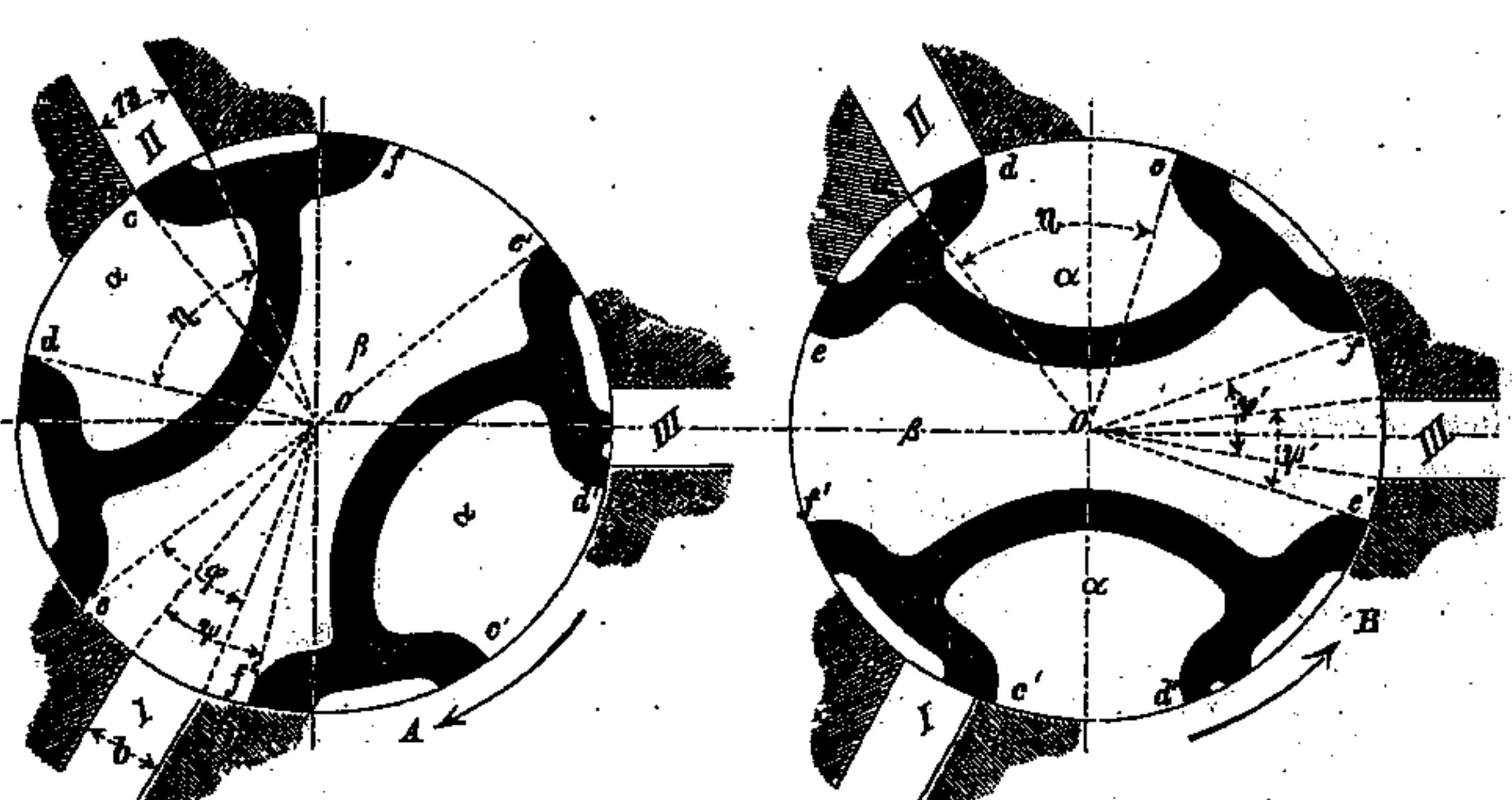


Fig. D

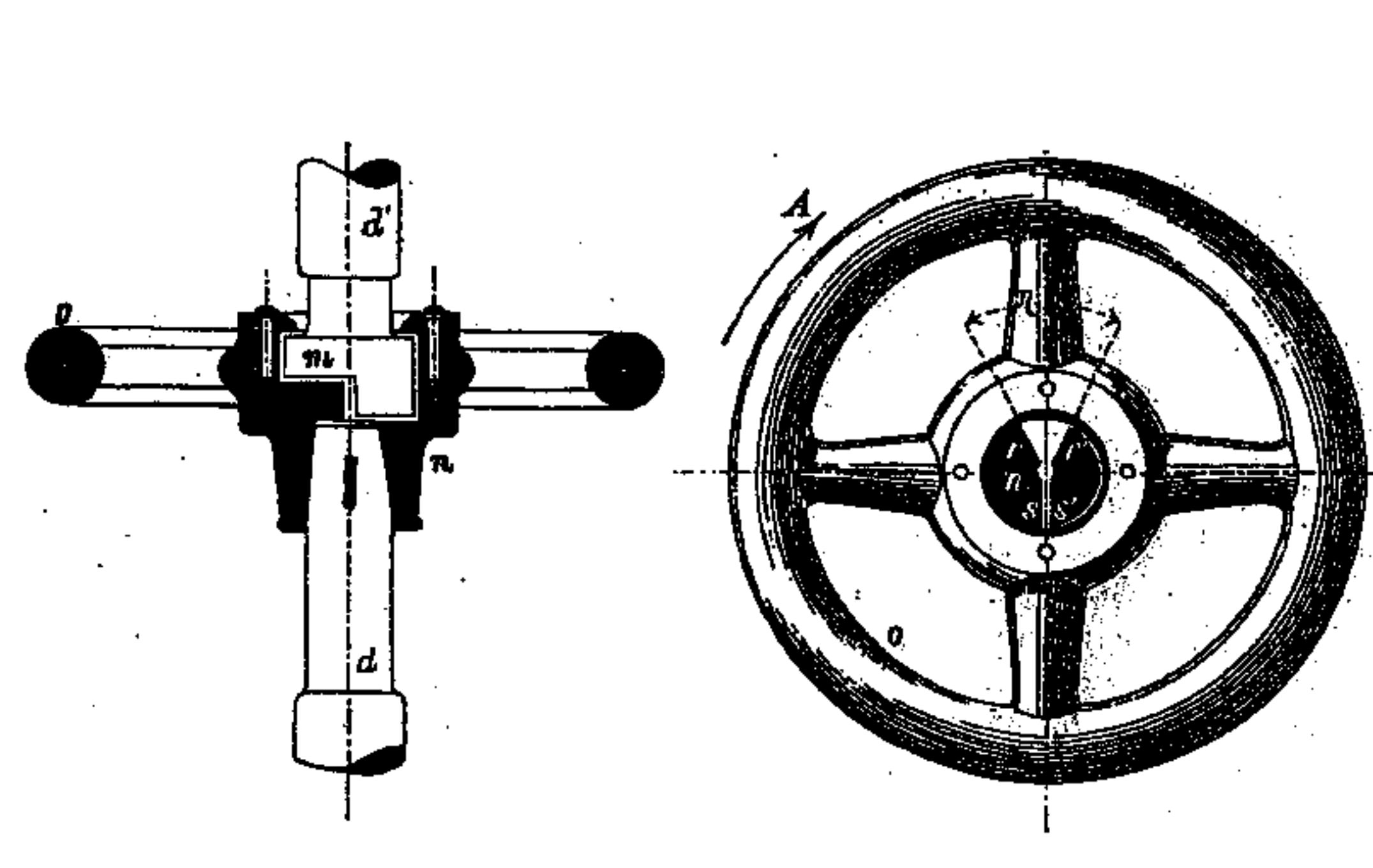
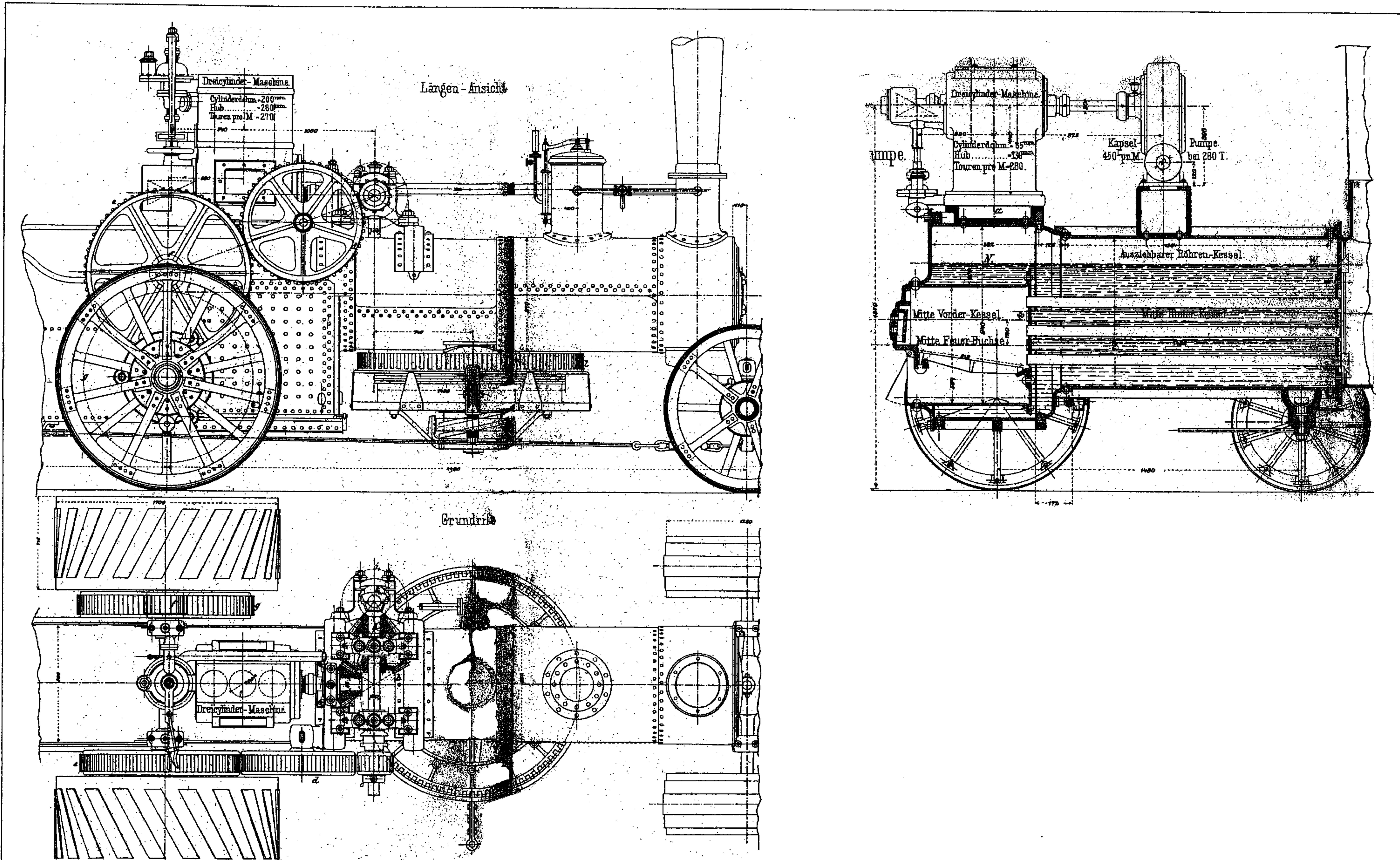


Fig. E

Tafel 11.6.2.1/2:
Einzelheiten der stehenden
Dreizylinder-Maschine
von Feodor Siegel,
Schönebeck a/E (1879)



Tafel 11.6.2.1/3: Dreizylinder-Maschine von Feodor Siegel, Schönebeck a/E
als Lokomobilmaschine und als
Antriebsmaschine einer Dampfpfluglokomotive

Anmerkung

Stehende Lokomobilmaschinen in Kombination mit unterschiedlichsten Kesselbauarten gab es in weit größerem Maße als im deutschsprachigen Raum in den anderen europäischen Ländern. Insbesondere in Frankreich waren einfache, leichte einachsige Lokomobile mit stehend angeordneten Lokomobilmaschinen verbreitet. Einige Beispiele mögen die Breite der Entwicklung erläutern.

Im Bild 11.6.2.1/7 ist die Maschine einer einachsigen Lokomobile von Cochot aus Frankreich aus dem Jahr 1863 wiedergegeben. Die leichte Maschine war außerordentlich fortschrittlich konstruiert. Sie besaß eine Expansionssteuerung mit während des Betriebs über einen Fliehkraftregulator veränderlicher Füllung. Der Grundschieber und der Expansionsschieber wurden von zwei Exzentertrieben bewegt. Die stehende Einzylindermaschine war am Kessel befestigt. Der Zylinder separat, die Kreuzkopfführung und die Kurbelwellenlager waren auf einer Grundplatte zusammengefasst. Die Kurbelwelle war gerade. An der einen Seite befand sich die Kurbel, an der anderen das Schwungrad.

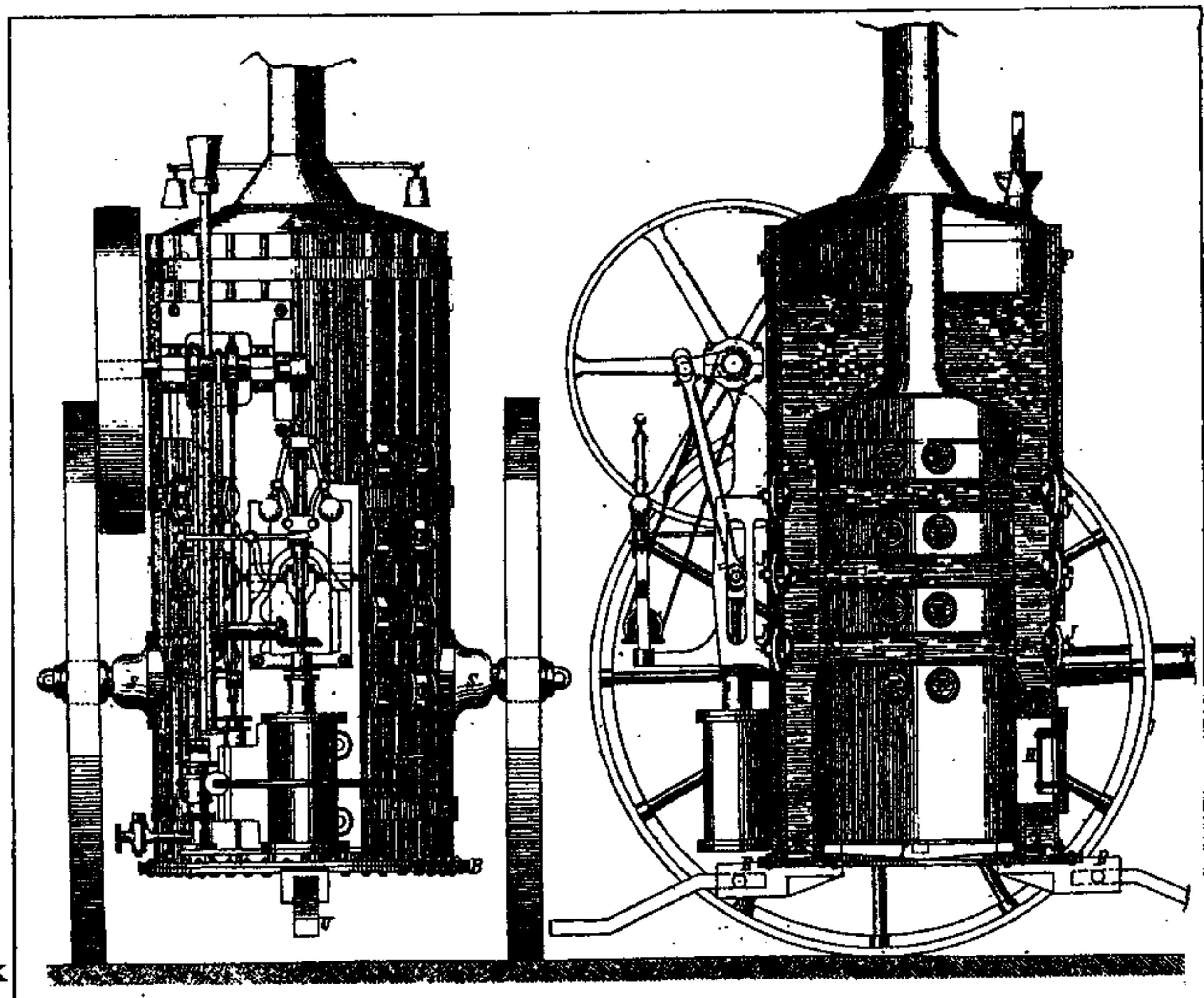


Bild 11.6.2.1/7:
Einachsige Lokomobile mit
stehender Maschine im Heck
(Cochot, Frankreich, 1863)

Das Bild 11.6.2.1/8 zeigt eine leichte einachsige Lokomobile aus Frankreich. Sie ist in 1870er Jahren gebaut worden. Die stehende Einzylindermaschine war im Heck untergebracht. Sie hatte Standardbauweise (Kreuzkopfführung im Ständer, Flachschiebersteuerung mit Exzenterantrieb, Regulator wirkte auf eine Drossel in der Leitung für den Zudampf). Das Besondere war der Kessel. Es war ein Wasserrohrkessel mit einem großen Dampfsammler oben auf dem Kessel.

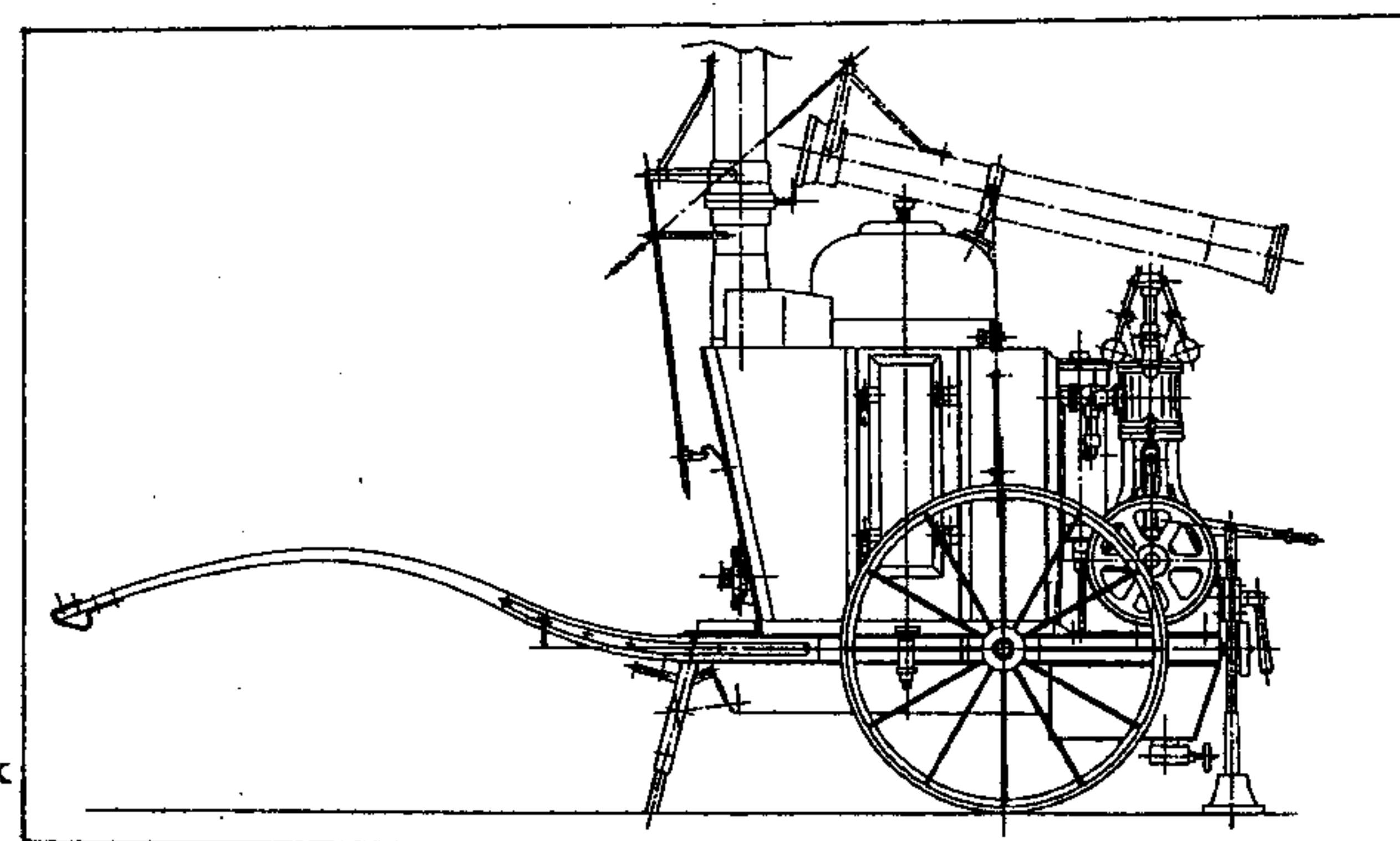


Bild 11.6.2.1/8:
Französische Lokomobile
mit stehender Maschine im Heck
(um 1876)

11.6.2.2 Maschinen versetzbare oder verschiebbare Lokomobilen

Die Maschinen für diese „halbstationären Kraftmaschinen“ waren bei der verbreiteten Standardbauweise denen der verfahrbaren ähnlich. Zur Verdeutlichung des geringen Unterschieds reicht ein Beispiel. Das folgende Bild zeigt die Maschine der halbstationären „Kesseldampfmaschine“ von Schranz & Rodiger aus Wien. Die Einzylindermaschine war hängend am Stehkessel befestigt. Nur die Kurbelwellenlager waren auf der Grundplatte montiert. Die Ähnlichkeit mit den stehenden Maschinen verfahrbarer Lokomobilen ist unverkennbar.

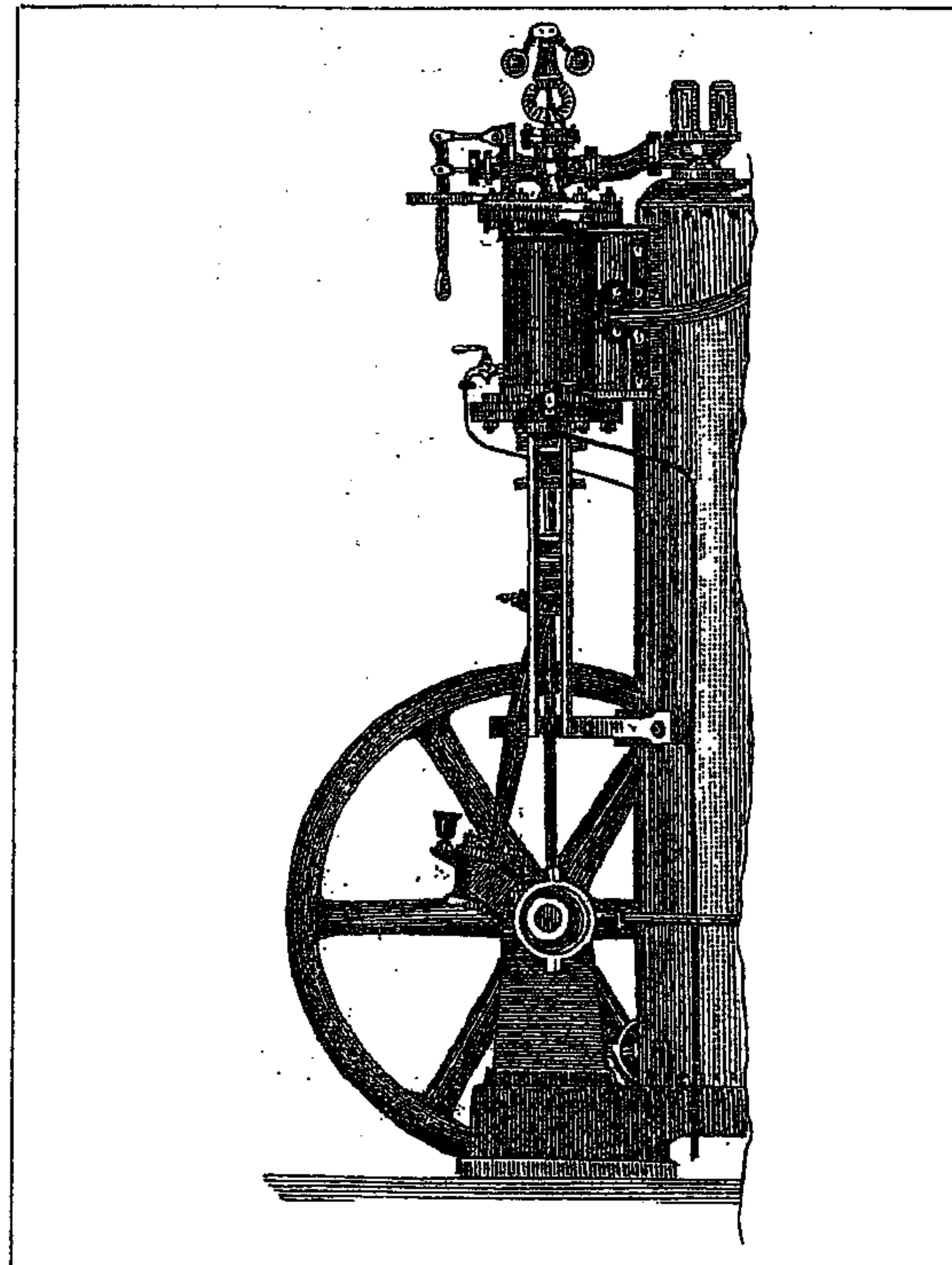


Bild 11.6.2.2/1:
Hängende Maschine
einer sogenannten
Kesseldampfmaschine
von Schranz & Rodiger
(um 1890)

Es lag nahe, diese Maschinen wahlweise mit Rädergestellen für das Verfahren auf Wegen oder auch Schienen auszustatten und sie als „Lokomobilen“ anzubieten. Viele Hersteller hatten derartige Varianten in ihren Angeboten.

Es gab auch Nutzer, die im Nachhinein halbstationäre Maschinen auf verfahrbare umrüsteten. Man stattete sie einfach mit Rädergestellen aus.

Auch bei der Gruppe der verschiebbaren und versetzbaren Lokomobilen ist die Grenze zu den Hausmaschinen, Gewerbemotoren u.ä. fließend. Es gab dazumal keine eindeutigen Zuordnungskriterien.

11.6.2.3 Maschinen für Gewerbemotoren, Hausmaschinen u.a.m.

Stehende Maschinen für diese Gruppe waren häufig Standardmaschinen. Es gab aber auch eine Reihe von Herstellern, die die traditionellen Wege verließen und schnelllaufende „Dampfmotoren“ einsetzten. Insbesondere bei Maschinen kleiner Leistung. Die Vielfalt an Lösungen war überwältigend. Nur wenige haben sich in der Praxis bewährt.

Eine Besonderheit war bei diesen Maschinen auffällig. Bei sehr vielen war eine Trennung von Maschine und Kessel nicht mehr möglich. Sie konnten nicht unabhängig voneinander gesehen werden. Der Grundgedanke der Lokomobile, die bauliche Einheit aus Kessel und Maschine, war bei ihnen vollständig umgesetzt worden. Das gesamte Spektrum an Ausführungen wird bei der Behandlung der Gesamtmaschinen vorgestellt. In diesem Abschnitt soll nur anhand eines Beispiels ein Eindruck von der Ausführung dieser Maschinen vermittelt werden. Als Beispiel wurde der technisch interessante Gewerbemotor von Friedrich & Jaffé aus Wien gewählt. Es gab ihn als transportablen Dampfmotor als auch verfahrbare auf einem Rädergestell.

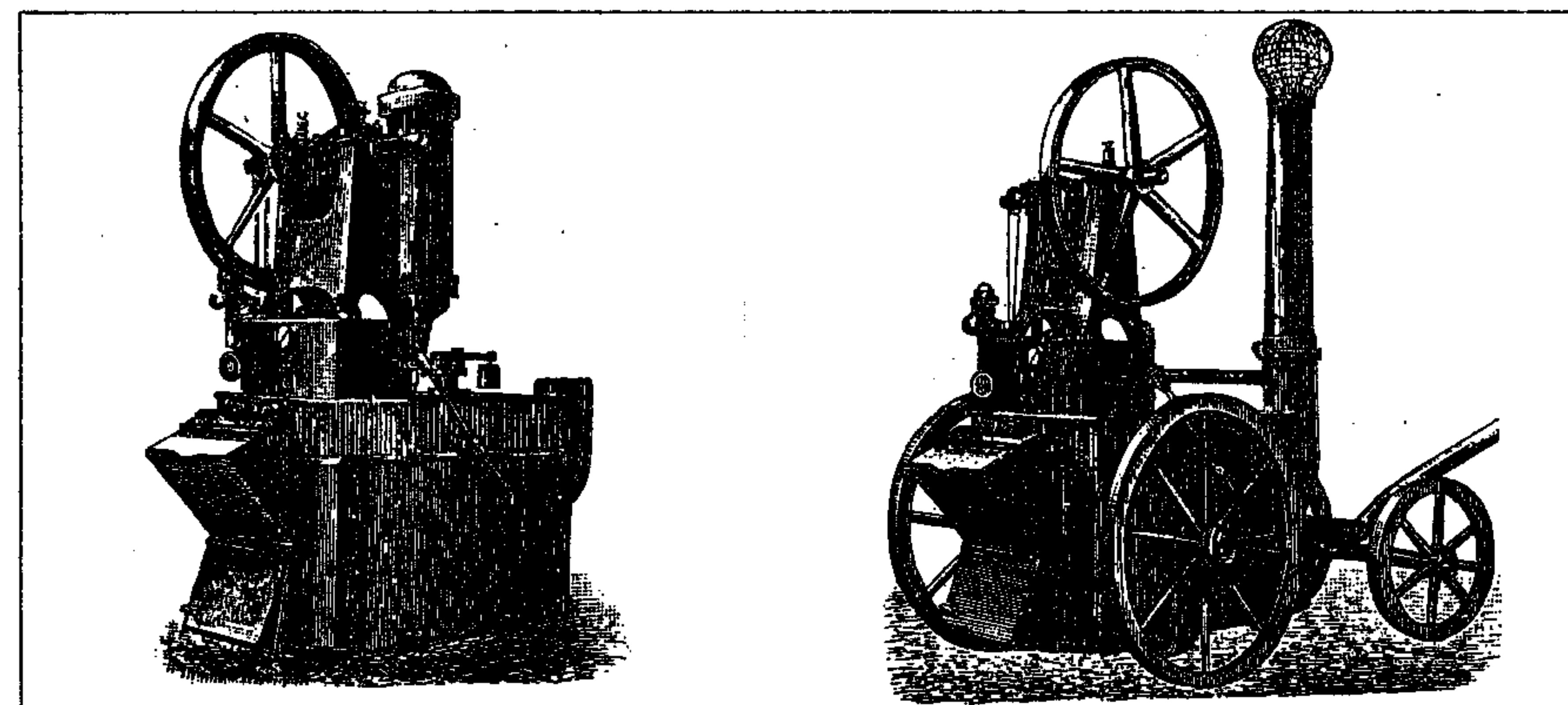


Bild 11.6.2.3/1: Transportabler und verfahrbarer Dampfmotor (Friedrich & Jaffé, um 1870?)

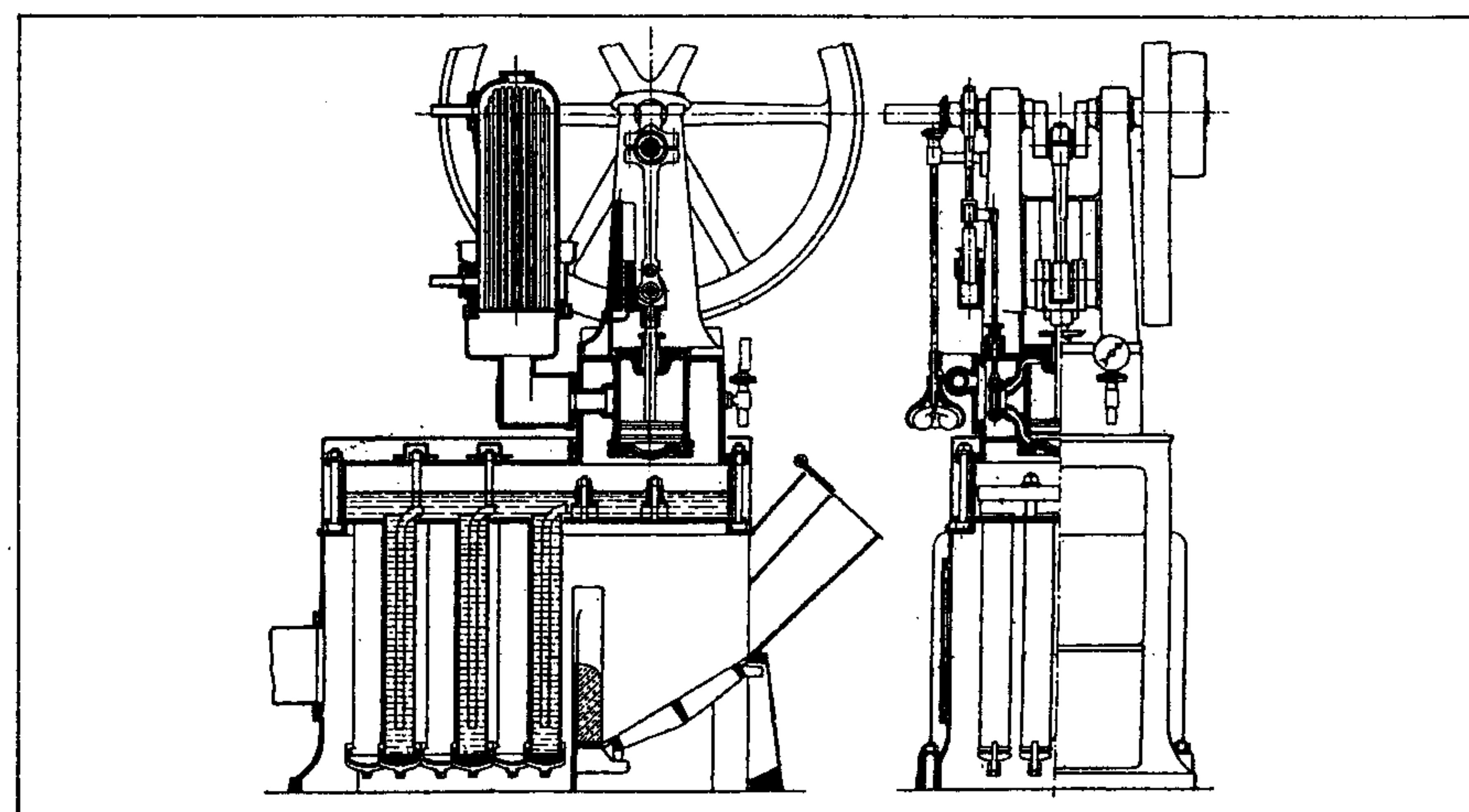


Bild 11.6.2.3/2: Integrierte Motor- und Kesselbauweise des Dampfmotors

12. DIE UNTERGESTELLE DER LOKOMOBILEN

12.1 Bemerkung

Die Ausführungen der Untergestelle von ortsveränderlichen Kraftmaschinen waren im Wesentlichen von vier Faktoren abhängig. Der erste Faktor umfasste die Art, wie die Ortsveränderung (der Wechsel von einem Einsatzort zum nächsten) vorgenommen wurde. Dementsprechend unterschied man:

- Untergestelle zerlegbarer Lokomobilen,
- Untergestelle verschiebbarer Lokomobilen,
- Untergestelle versetzbarer Lokomobilen,
- Untergestelle verfahrbare Lokomobilen,
- Untergestelle besonderer Maschinen.

Die erste Gruppe spielte nur in den frühen Anfängen der Entwicklung eine Rolle. Die Zerlegbarkeit bezog sich auch nur auf die Maschinenseite. Als Gestelle dienten zerlegbare hölzerne Rahmen. Die Kessel waren meist eingemauert und verblieben am alten Einsatzort. Diese Gruppe bleibt unberücksichtigt. Sie spielte für die weitere Entwicklung eine untergeordnete Rolle.

Die Untergestelle versetzbarer und verschiebbarer Lokomobilen, der sogenannten Halblokomobilen oder auch Industrielokomobilen, können zusammen behandelt werden. Ihre Ausführungen waren ähnlich. Die Maschinen dieser Gruppe ruhten auf Tragfüßen oder Tragrahmen. Füße und Rahmen dienten aber nur zur Abstützung. Tragendes Element war der Kessel. Sollte der Einsatzort gewechselt werden, so setzte man die gesamte Maschine beispielsweise mit Hilfe eines Hebezeugs auf einen Schwerlastwagen. Dieser wurde dann zum neuen Einsatzort gefahren. Im Laufe der Entwicklung trat die Notwendigkeit, mit einfachen Mitteln den Einsatzort zu wechseln, immer mehr in den Hintergrund.

Bei häufigem Wechsel zu entfernter liegenden Einsatzorten kamen Rädergestelle zum Einsatz. Diese Rädergestelle gab es sowohl für das Verfahren auf Straßen und Wegen als auch für das Verfahren auf Schienen. Die Untergestelle der verfahrbaren Maschinen bildeten die größte Gruppe mit den meisten Ausführungsvarianten.

Der zweite Faktor für die Ausbildung der Untergestelle war die Leistungsentwicklung der Maschinen, primär bei den Halblokomobilen. Die Leistungen der größten Maschinen gingen zu Beginn des 20. Jahrhunderts bis 1000 PS. Die Maschinen wurden so groß und schwer, dass an eine Veränderung des Einsatzortes ohne Demontage nicht zu denken war.

Der dritte Faktor war eine Veränderung beim Einsatz der Lokomobilen. Die Einsatzflexibilität war am Anfang der Entwicklung der entscheidende Vorteil der Lokomobilen. Sie waren als Einheit transportabel und für jede erdenkliche Antriebsaufgabe geeignet, entsprechend waren die Untergestelle gebaut. Bei Halblokomobilen war diese Eigenschaft an eine Aufstellung quasi „ohne Fundament“ gebunden. Bei großen Industrielokomobilen war eine Ortsveränderung aber nicht notwendig. Sie standen, wie stationäre Dampfmaschinen, immer am gleichen Ort. Diese Halblokomobilen benötigten für den Betrieb eigene Fundamente. Bei einigen Maschinen waren sogar gemauerte Unterflurbereiche notwendig. Die am Anfang der Entwicklung vorteilhafte Eigenschaft des „Wechseln des Einsatzortes“ wurde nicht mehr benötigt. Aus den „halbstationären“ Maschinen wurden „stationäre“.

Der vierte Faktor ist technischer Natur. Die Bauart und die Achse der verwendeten Kessel bestimmten auch die Ausführung der Untergestelle. Bei der Betrachtung von Lokomobilen mit liegendem Kessel oder mit stehendem Kessel wird das unmittelbar plausibel.

Für den Betrieb der Maschinen war eine exakte Ausrichtung zwingend. Der Kessel üblicher Lokomobilen musste absolut waagerecht, Stehkessel mussten genau senkrecht stehen. Auf Rädern verfahrbare Lokomobilen wurden, wenn der Aufstellungsbereich nicht eben war, im Allgemeinen durch Unterlegen von Distanzstücken unter die Räder ausgerichtet. Ausgerichtet

wurde mit der Wasserwaage am Schwungrad oder einem anderen Maschinenteil mit horizontalen bzw. vertikalen Achsen. Diese Lage musste ferner gesichert werden. Dazu dienten Hemmschuhe oder Stützen. Bei verschieb- oder versetzbaren Lokomobilen (Halblokomobilen) reichte das Unterlegen von Platten unter die Tragfüße bzw. Tragbalken. Die großen Industrielokomobilen ruhten auf eigenen Fundamenten.

Aus diesem Rahmen fallen wieder die ortsveränderlichen Kraftmaschinen kleinerer Leistung heraus, die Hausmaschinen, Kesseldampfmaschinen, Gewerbemotoren u.ä. Es gab bei ihnen keine gemeinsamen Merkmale bei den „Untergestellen“. Die Vielfalt war zu groß. Einige Hersteller bauten „halbstationäre“ Ausführungen bei denen auf einer gemeinsamen Grundplatte die Kessel-Maschinen-Einheit aufgebaut war und setzten diese Kraftmaschine, fast unverändert, auf einfache Rädergestelle und boten sie als Lokomobilen an.

Die Kreativität in der betrieblichen Praxis ging noch weiter. Es wurden bei Bedarf beliebige ortsfeste Maschinen mit einfachen Mitteln zu ortsveränderlichen umgebaut. Man setzte sie auf vorhandene oder selbst gebaute Rädergestelle. Das folgende Beispiel unter zeigt so einen Umbau.

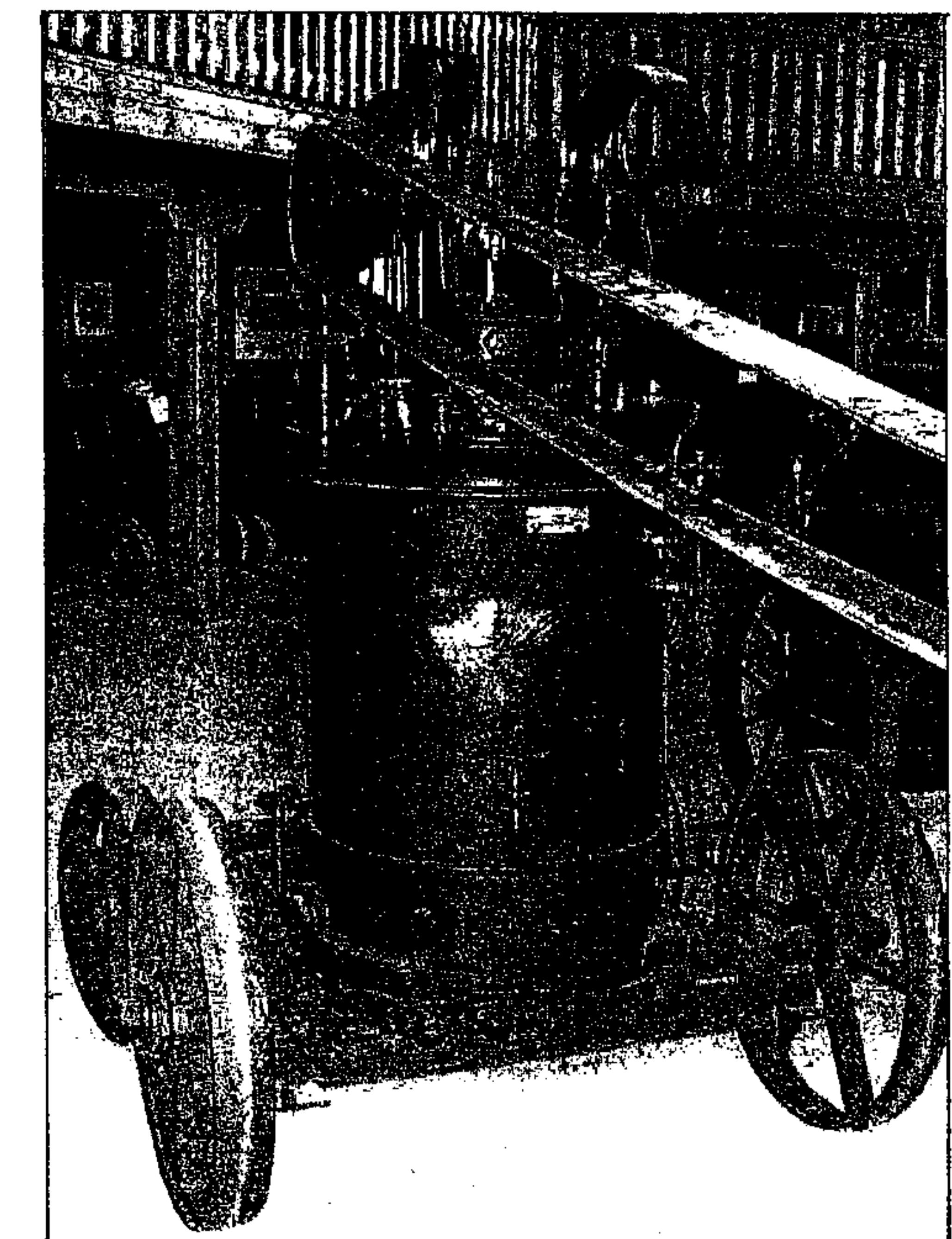


Bild 12.1/1:
Kesseldampfmaschine
von Brauner & Klasek, Wien,
auf einfaches Rädergestell
(um 1890)

12.2 Untergestelle verfahrbare Lokomobilen

12.2.1 Besonderheiten der Konstruktion

Die Bezeichnungen für diese Baugruppen waren nicht einheitlich. Untergestelle wurden auch als „Fahrwerke“, Räderwerke, Lokomobilwagen u.a.m. bezeichnet. Ihre Konstruktion war wesentlich von der Bauart der verwendeten Kessel und der Anzahl der Achsen abhängig. Es können folgende Ausführungen unterschieden werden:

1. Untergestelle für verfahrbare Lokomobile mit liegendem Kessel

Die meisten Lokomobilen waren so schwer, dass ihr Gewicht auf zwei Achsen verteilt werden musste. Die Hauptlast lag auf der hinteren Achse. Die vordere war weniger stark belastet und als Lenkachse ausgeführt. Gezogen wurden die Maschinen zwei- oder mehrspännig. Die Deichsel gehörte zur Maschine, das Zuggeschirr im Allgemeinen nicht. Die hinteren Räder waren üblicherweise größer und breiter als die vorderen. Die kleineren Vorderräder ermöglichen einen größeren Lenkeinschlag.

Bei den frühen Lokomobilen, in Einzelfällen noch bis etwa 1870, war der liegende Kessel nicht mittragend. Kessel und Maschine ruhten auf einem Rahmen aus Holz. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts setzte sich nach und nach die Bauweise mit tragendem Kessel durch. Die hintere Achse lag vor der Feuerbüchse bzw. war seitlich an ihr befestigt, die vordere lag unter dem Kessel oder unter der Rauchkammer.

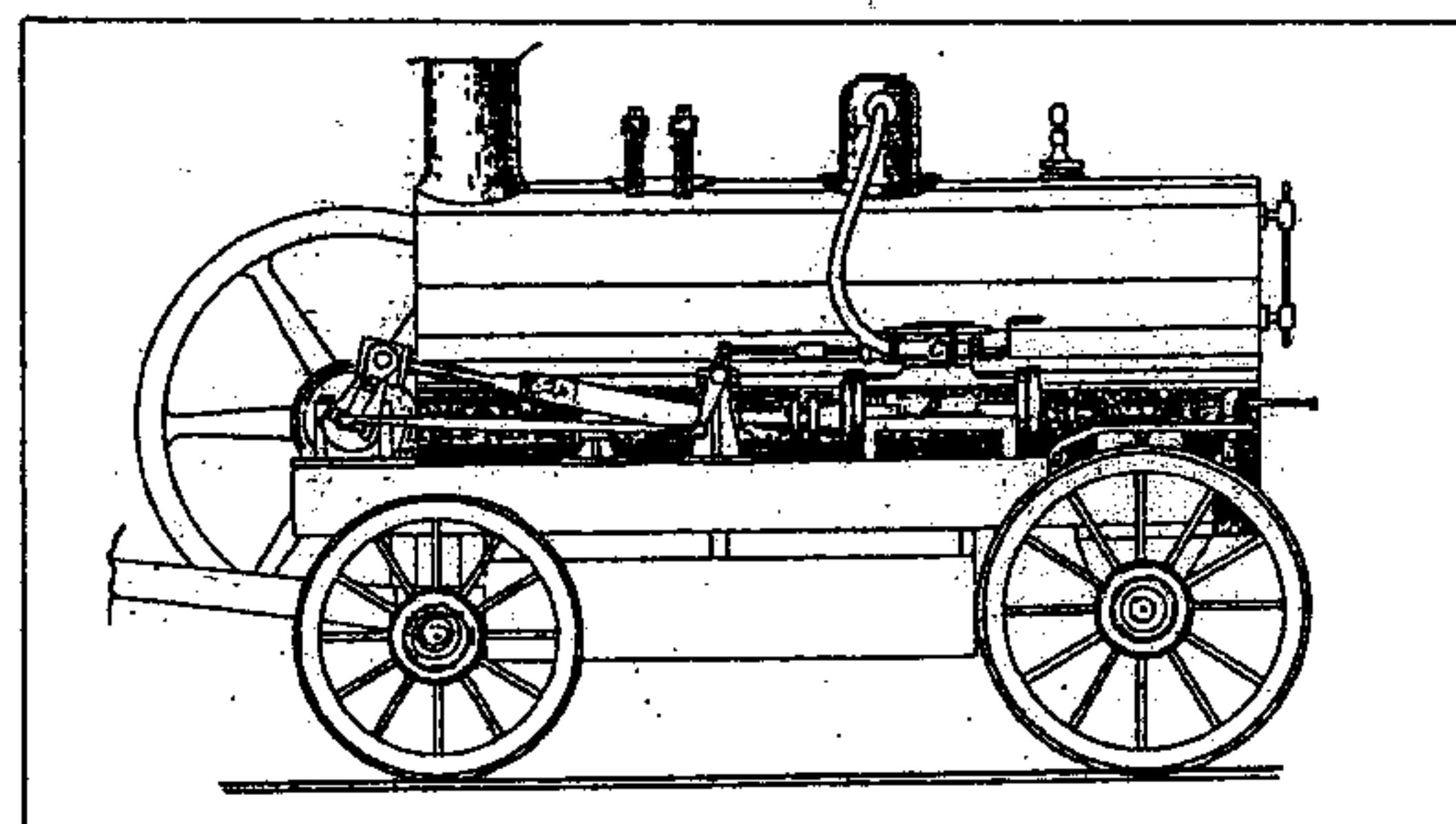


Bild 12.2.1/1:
Zweiachsige Untergestell
einer Lokomobile,
liegender Kessel nicht mittragend
(E. Alban, 1848)

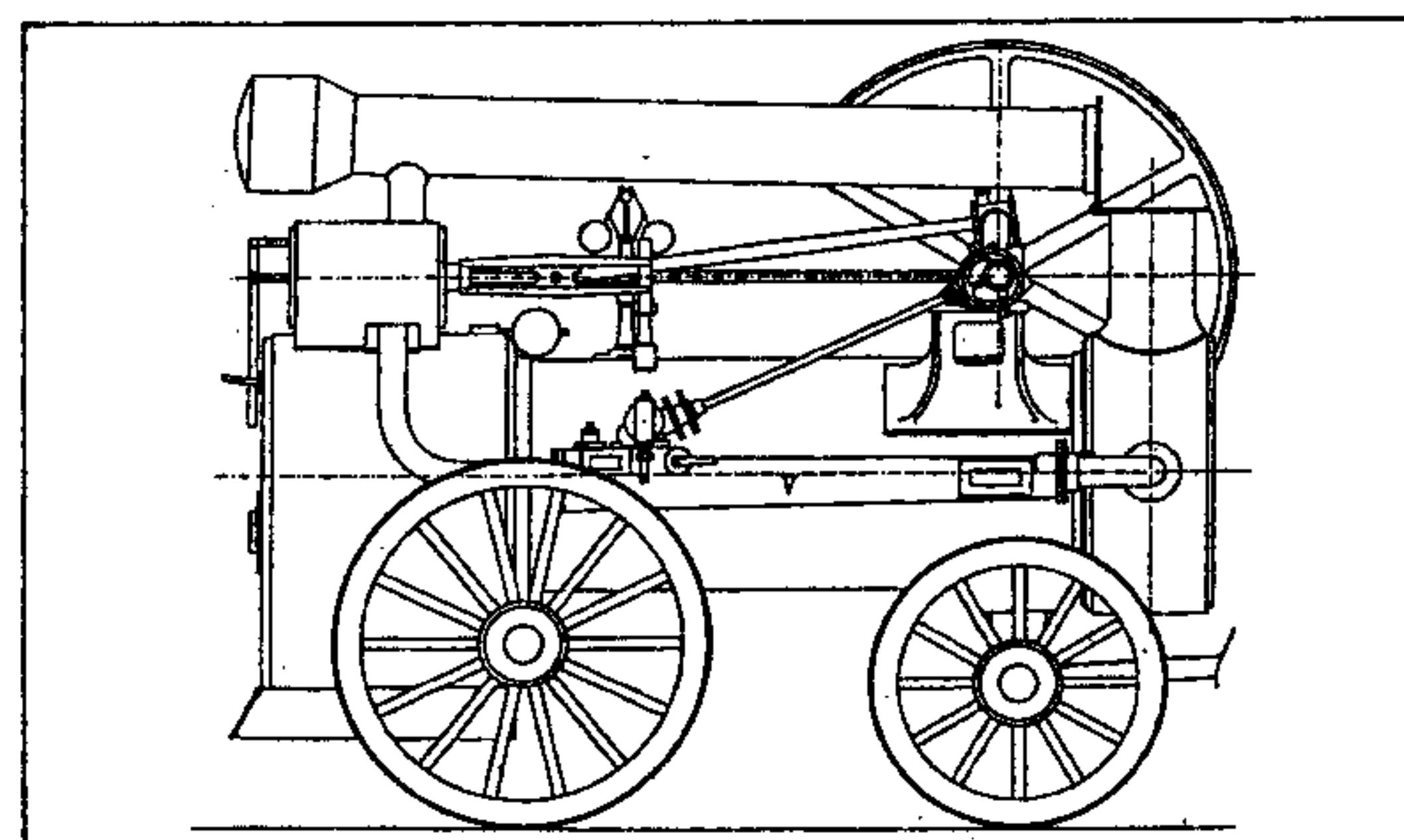


Bild 12.2.1/2:
Zweiachsige Untergestell
einer Lokomobile,
liegender Kessel mittragend
(R. Dolberg, 1883)

Lokomobilen kleinerer Leistung mit liegendem Kessel gab es auch als einachsige Konstruktionen. Ein charakteristisches Merkmal einachsiger Lokomobilen waren die sehr großen Räder. Man versuchte, trotz des beachtlichen Gewichts, durch den großen Durchmesser und entsprechende Radbreiten den Fahrwiderstand gering zu halten. Die Kessel waren mittragend. Gezogen wurden diese Maschinen meist einspännig. Eine Gabeldeichsel war fest mit der Lokomobile verbunden.

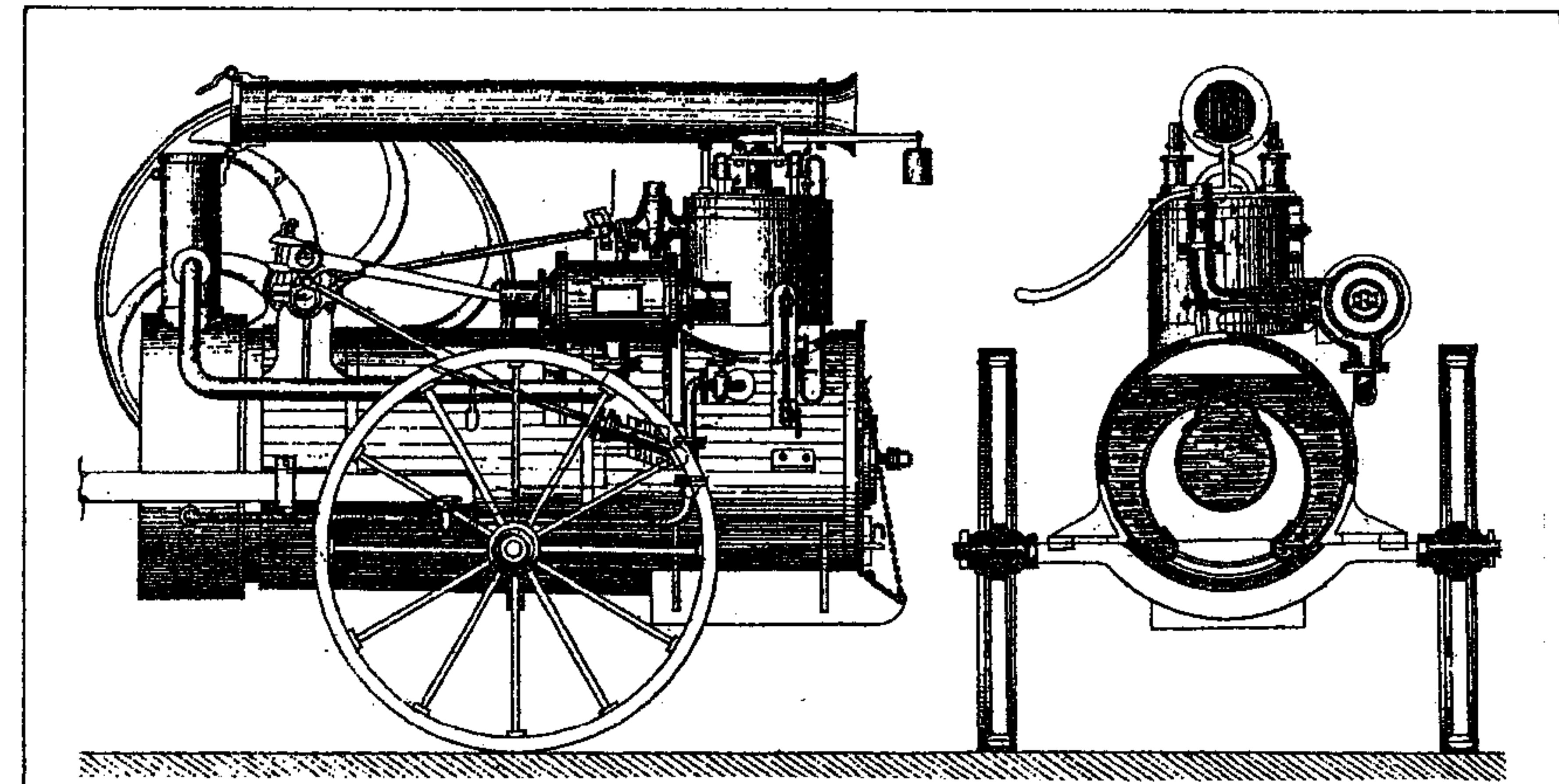


Bild 12.2.1/3: Einachsige Untergestell einer Lokomobile, liegender Kessel mittragend
(Maldant, Frankreich, um 1858)

2. Untergestelle für verfahrbare Lokomobile mit stehendem Kessel

Die übliche Ausführung des Untergestells bei dieser Maschinengruppe war zweiachsig. Der stehende Kessel war natürlich nicht mittragend. Der Kessel, ggf. auch die Lokomobilmaschine und diverse Zusatzzaggregate waren auf einem Grundrahmen (Grundplatte, Lokomobilwagen etc.) angeordnet. Dieser Rahmen war aus einzelnen Teilen gebaut oder als Gussteil hergestellt. Die letzte Lösung bot interessante Möglichkeiten einige Funktionen zu integrieren (z.B. den Aschenkasten, Speisewasserbehälter, Kohenvorrat usw.). Zum Ortswechsel konnte, je nach Größe der Lokomobile, der Vorspann einspännig oder zweispännig sein. Eine Besonderheit gab es bei Maschinen kleiner Leistung, sie waren zweiachsig, besaßen aber nur drei Räder. Das Vorderrad wurde in einer drehbaren Gabel geführt, die Deichsel war unmittelbar mit der Gabel verbunden.

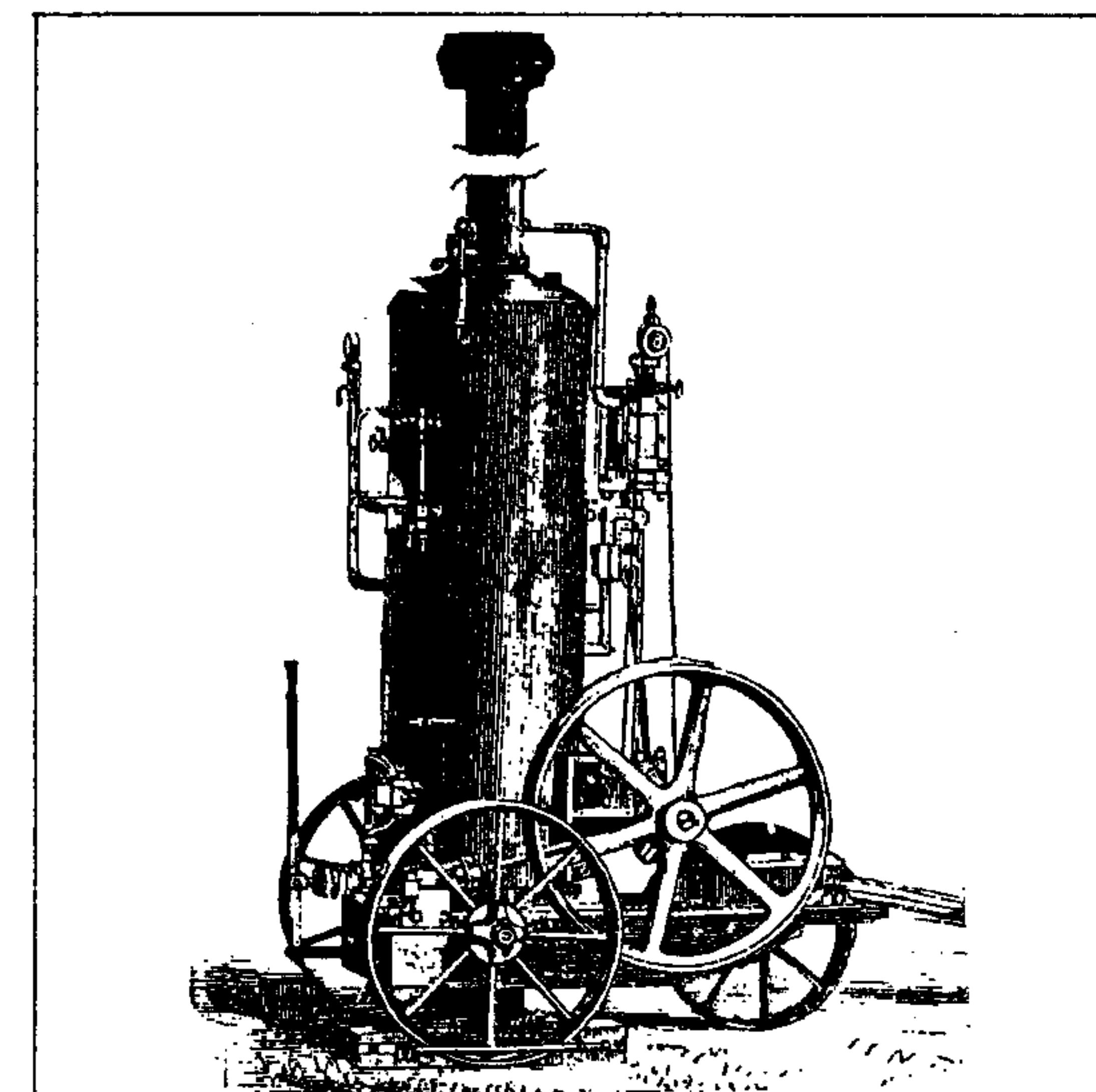


Bild 12.2.1/4:
Zweiachsige Untergestell
einer Lokomobile, dreirädrig,
mit stehendem Kessel
(H. Lanz, 1879)

Einachsige Ausführungen mit stehendem Kessel waren im deutschsprachigen Raum sehr selten. Es gab sie nur bei sehr kleinen Leistungen (weniger als 8 PS). Die Achse war am Kessel befestigt. Relativ große Räder verringerten auch hier den Rollwiderstand. Eine Gabeldeichsel war fest mit der Maschine verbunden.

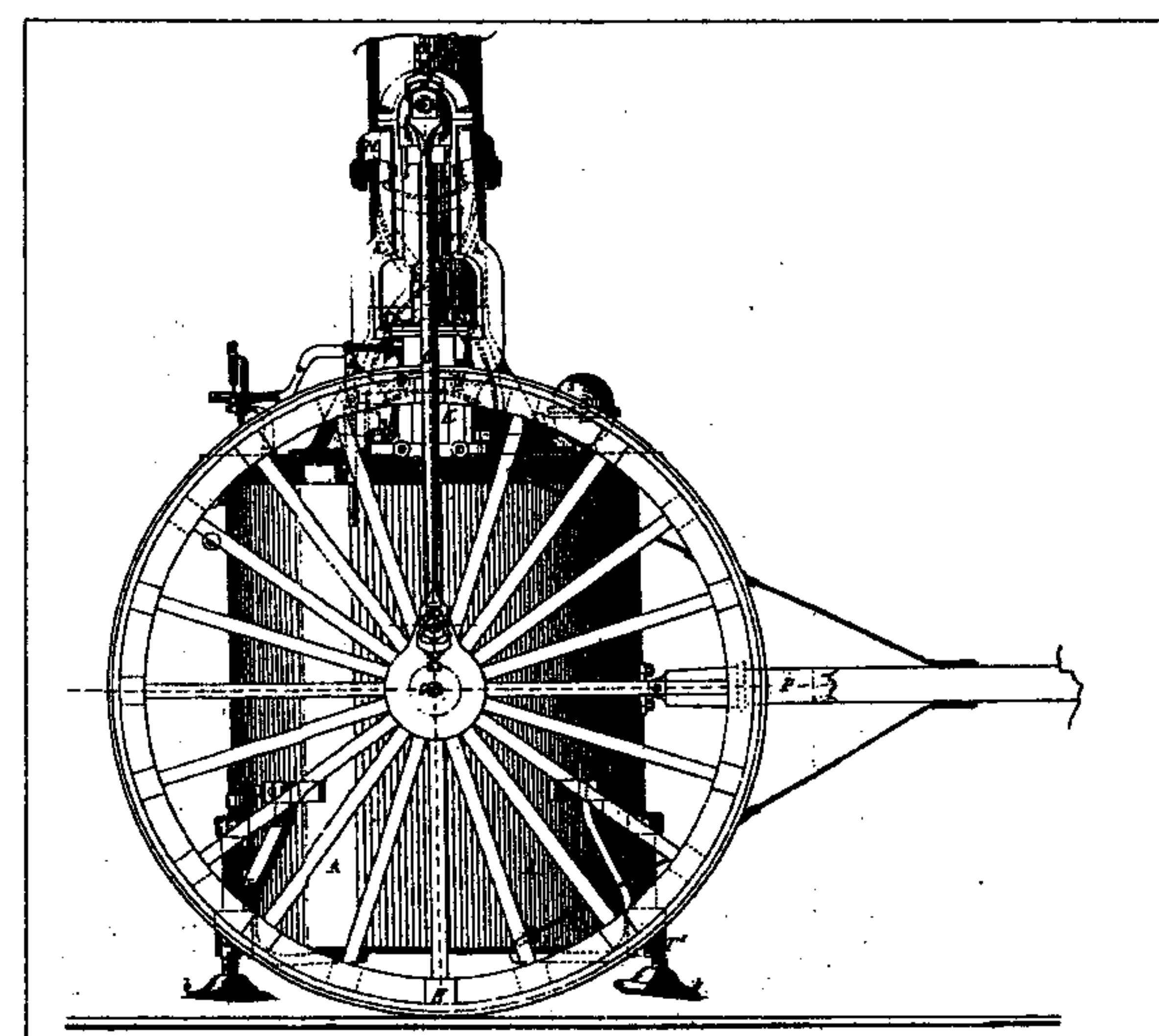


Bild 12.2.1/5:
Einachsiges Untergestell
einer Lokomobile,
mit stehendem Kessel
(Hambruch, Vollbaum & Co,
um 1864)

3. Untergestelle für verfahrbare Lokomobilen mit Kesseln besonderer Konstruktion
In einigen europäischen Ländern, beispielsweise in Frankreich, waren Wasserrohrkessel bei Lokomobilen verbreitet. Im deutschsprachigen Raum wurden bisher derartige Lokomobilen nicht gefunden.

Die Entwicklung der Untergestelle verfahrbbarer Lokomobilen wurde stark vom Stand der Wagenbautechnik beeinflusst. Räder, Achsen und die Lenkung wurden von den Fuhrwerkswagen übernommen. Das vorherrschende Material war Holz. Wie selbstverständlich hat man bei den ersten Lokomobilen diese Bauweise übernommen. Die Hauptteile der Lokomobile, der Kessel und die Maschine, waren noch nicht mittragen oder selbsttragend. Die Anordnung dieser Hauptteile auf dem Rahmen war sehr unterschiedlich. Insbesondere die Lage der Lokomobilmaschine variierte stark. Sie konnte seitlich neben dem Kessel liegen, vor dem Kessel, auf diesem usw. Ein typisches Beispiel für eine frühe Gestellausführung ist die Lokomobile von E. Alban aus dem Jahr 1848 (Bild 12.2.1/1). Die Lokomobile hatte einen liegenden Kessel und eine seitlich liegende Maschine. Hier wurde offensichtlich die Bauweise eines Lastenwagens mit wenigen Veränderungen übernommen. Die weitere Entwicklung ist bekannt. Bei den Maschinen mit liegendem Kessel ging man zu selbsttragenden Ausführungen über. Der Zylinderkessel war tragendes Teil zwischen den beiden Achsen. Die Lokomobilmaschine war fast immer auf dem Kessel „aufgesattelt“. Bei Maschinen mit stehendem Kessel nahm die Grundplatte die Räder und Lenkungsteile auf. Auch die Anforderungen an die Untergestelle der Lokomobilen waren denen der Lastenfuhrwerke ähnlich. Sie mussten einfach und preiswert sein, sehr robust, wartungsarm und mit den lokal verfügbaren Techniken der Handwerker leicht repariert werden können. Insbesondere bei Lokomobilen die in der Landwirtschaft eingesetzt wurden, war eine große Bodenfreiheit notwendig. Sie sollte bei mehr als 30 cm liegen. Bei Maschinen mit kastenförmiger Feuerbüchse wurde dieser Wert aber selten erreicht. Sie neigten beim

Befahren tiefer und ausgefahrener Wege zum Aufsetzen des Aschekastens. Prinzipiell günstiger waren Lokomobilen mit zylindrischer Feuerbüchse. Im Folgenden werden zuerst die wesentlichen Bauteile der Untergestelle dargestellt, danach anhand von Beispielen einige Untergestelle. Als wesentliche Bauteile gelten diejenigen, die in gewissem Umfang an die speziellen Anforderungen bei Lokomobilen angepasst worden sind. Das sind die Räder, die Achsen, das Vorder- oder Drehgestell, Deichsel und Zuggeschirre sowie ggf. die Lenkeinschlagsbegrenzungen.

Räder

Zu Beginn der Entwicklung bestanden die Räder aus Holz. Sie wurden komplett von den Lastenfuhrwerken übernommen. Die zulässige Radlast war aus jahrzehntelangen Erfahrungen bekannt. Raddurchmesser und die Breite der Felgen (Radreifen) wurden entsprechend den vorliegenden Erfahrungen übernommen. In einigen deutschen Ländern gab es behördliche Vorgaben beispielsweise für die Raddurchmesser, Breite der Radreifen und Spurweiten. Natürlich waren diese Werte von Land zu Land unterschiedlich.

Die Räder hatten meist einen Speichensturz. Durch den Sturz wurden die Fahrbahnstöße etwas gedämpft. Üblich war bei Rädern aus Holz die Speichenbefestigung durch Einzapfen. Die metallische Nabe wurde in die hölzerne Außennabe eingesetzt. Es kamen ausnahmslos Gleitlager einfacher Art zum Einsatz. Das freie Ende des Lagers war vor dem Eindringen von Staub und Schmutz meist durch eine Kappe verschlossen. Ein Achsensturz war nicht immer vorhanden. Er bewirkte, dass das Rad auch bei loser oder fehlender Radmutter nicht von der Achse lief. Ferner lag der eiserne Radreifen besser am meist gewölbten Straßenprofil an. Bei ständig in Betrieb befindlichen Wagen war diese Ausführung bewährt. Bei Lokomobilen, die nur wenig bewegt wurden, war der doppelte Sturz nicht zwingend. Bei schweren Maschinen kamen besonders große, verstärkte und verbreiterte Räder zum Einsatz.

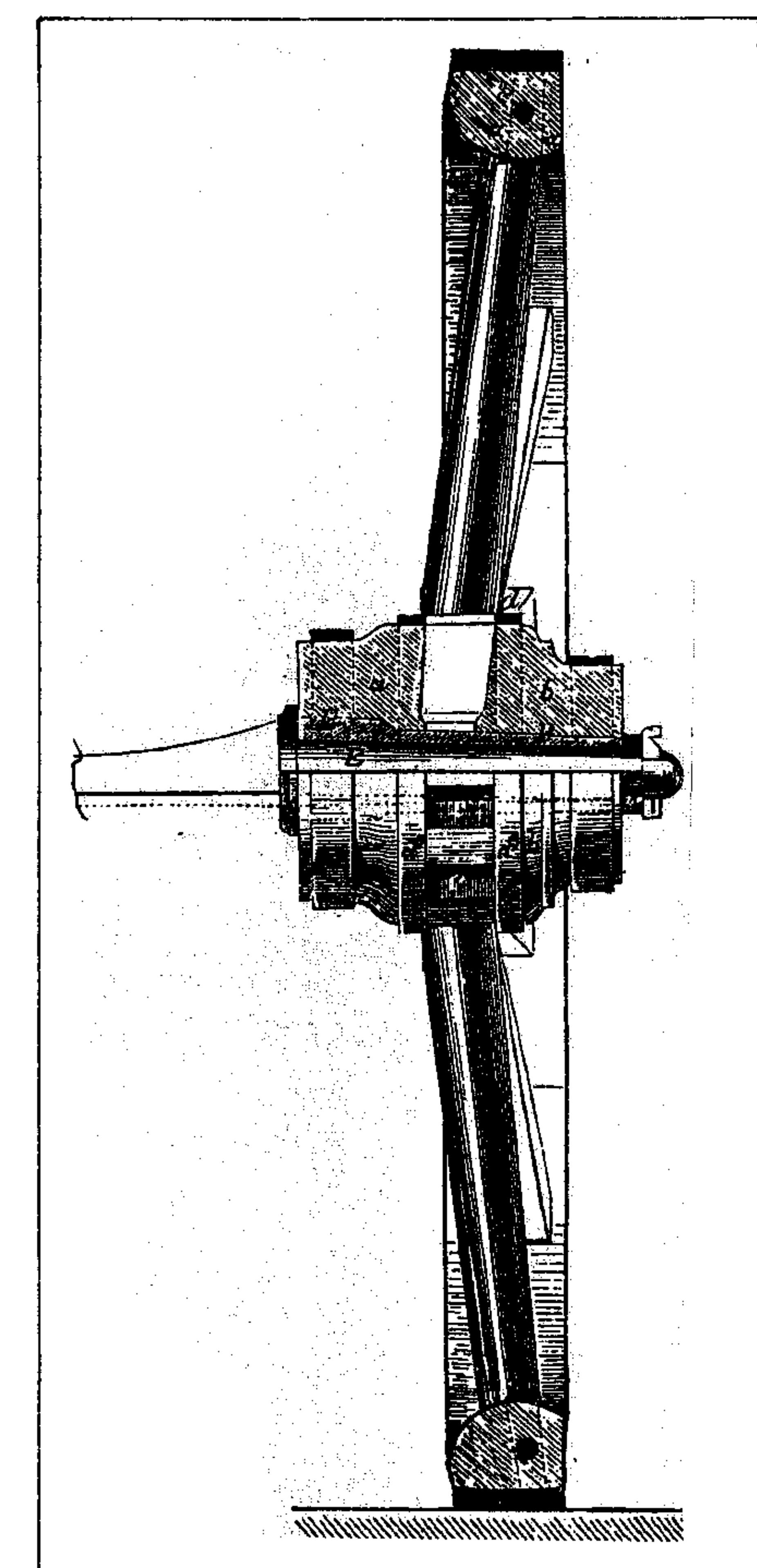


Bild 12.2.1/6:
Einfaches hölzernes Rad
mit Holznabe und Holzkranz,
Speichen eingegezapft,
eisernes Gleitlager eingesetzt,
ohne Schutzkappe,
kein Achsensturz,
mit Speichensturz
(um 1850)

Bei höher belasteten Hinterrädern schwerer Lokomobile setzte man Räder ein, deren Speichen und Kranz zwar aus Holz bestanden, bei denen die Nabe aber ganz aus Eisen war. Eine verbreitete Ausführung war das Keilrad mit Flanschnabe. Es wurde zuerst Mitte der 1850er Jahre beim Militär eingesetzt. Diese Räder besaßen häufig auch verstärkte Radreifen.

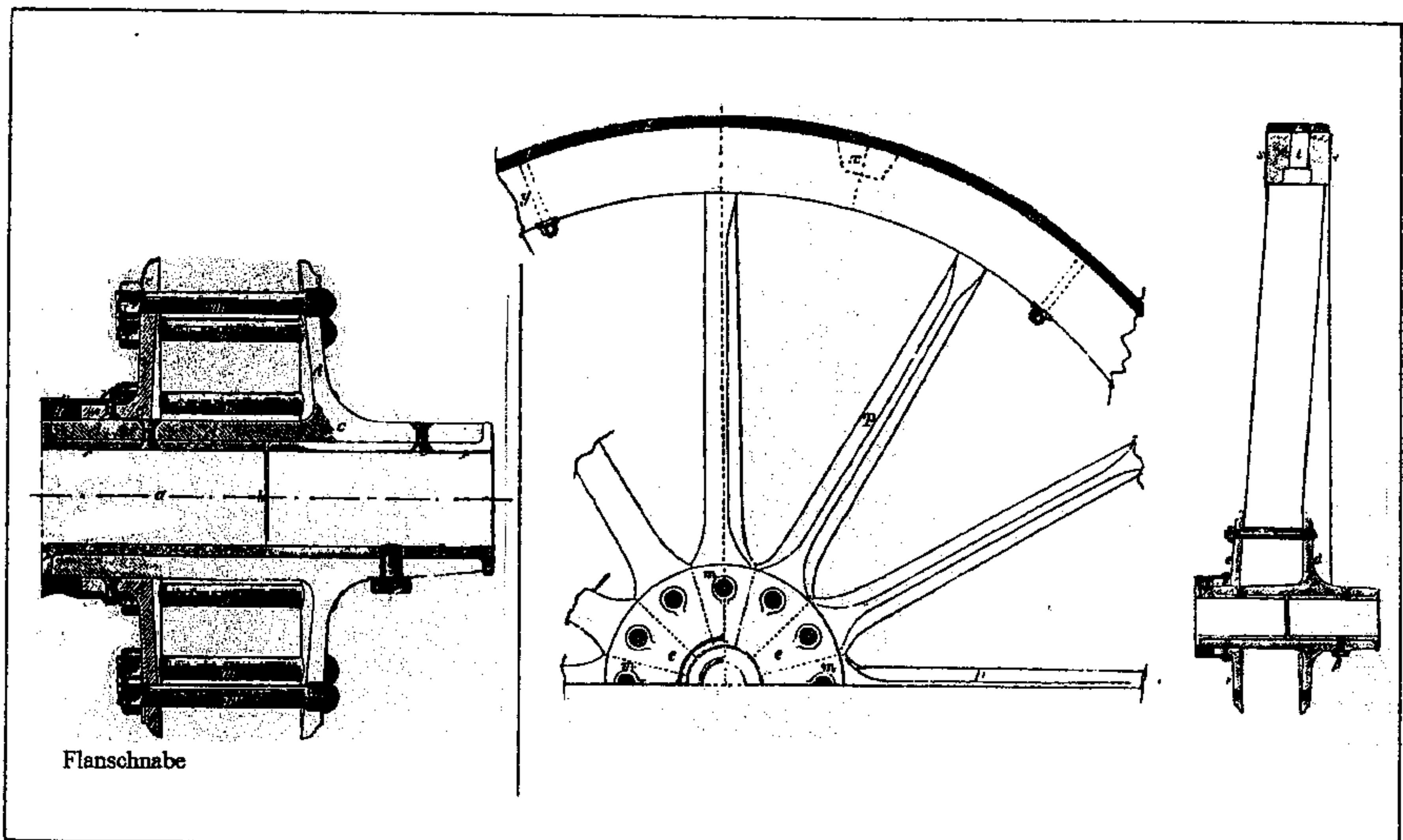


Bild 12.2.1/7: Hölzernes Keilrad mit Flanschnabe (Speichenkopf nabenseitig keilförmig, kranzseitig eingezapft, zweiteiliger Flansch, zweiteiliges Gleitlager, um 1850)

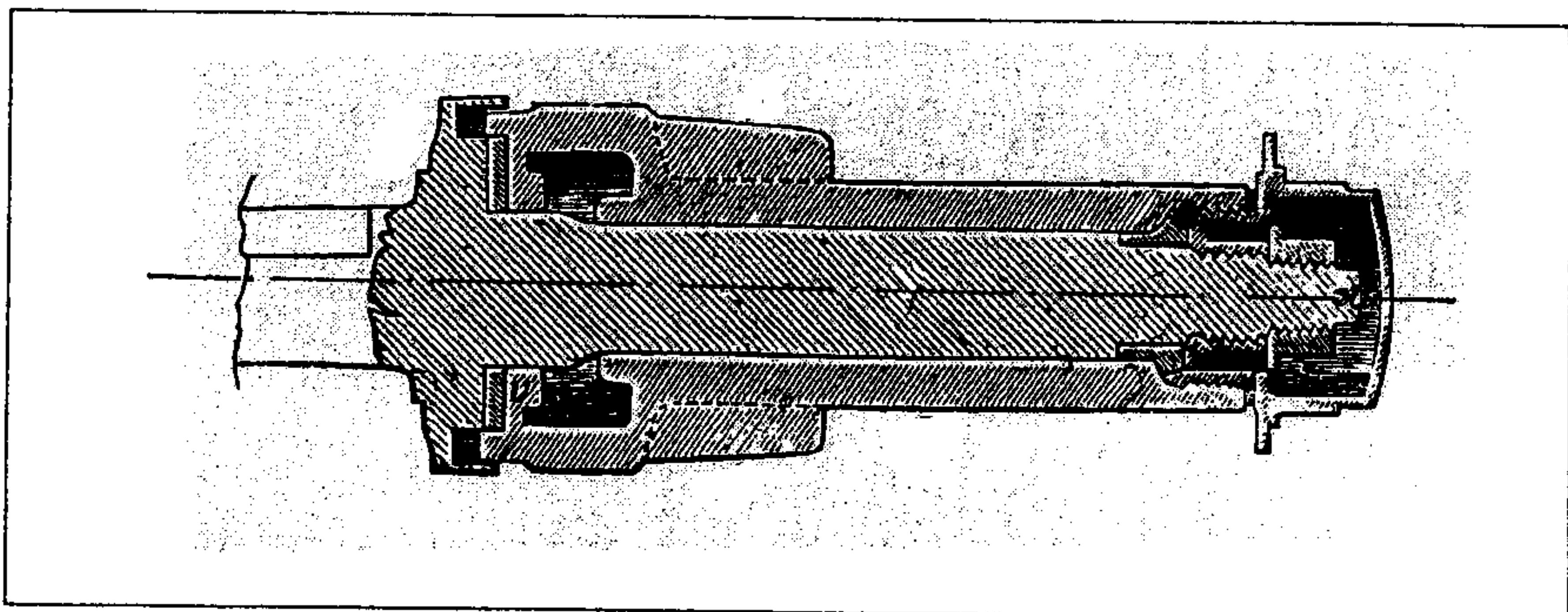


Bild 12.2.1/8: Vollständig abgedichtetes Gleitlager mit Schmiertasche (Patentachse)

Mit zunehmender Maschinenleistung und weiter steigendem Gewicht kamen die hölzernen Räder an ihre Grenzen. Man ging zu eisernen Rädern über. Auf einen Achsensturz und z.T. auch einen Speichensturz wurde verzichtet. Eiserne Räder gab es in unterschiedlichen Ausführungen, von gebauten Rädern aus vernieteten Flachprofilen bis zu Mischkonstruktionen aus eisernen Teilen und Gussteilen. Vollständig gegossene Räder waren selten. Der spröde Werkstoff war den Belastungen nicht gewachsen. Einige Hersteller setzten bei kleineren Lokomobilen auch gepresste Scheibenräder ein. Sie waren als robuste Räder bei Landmaschinen seit langem bewährt.

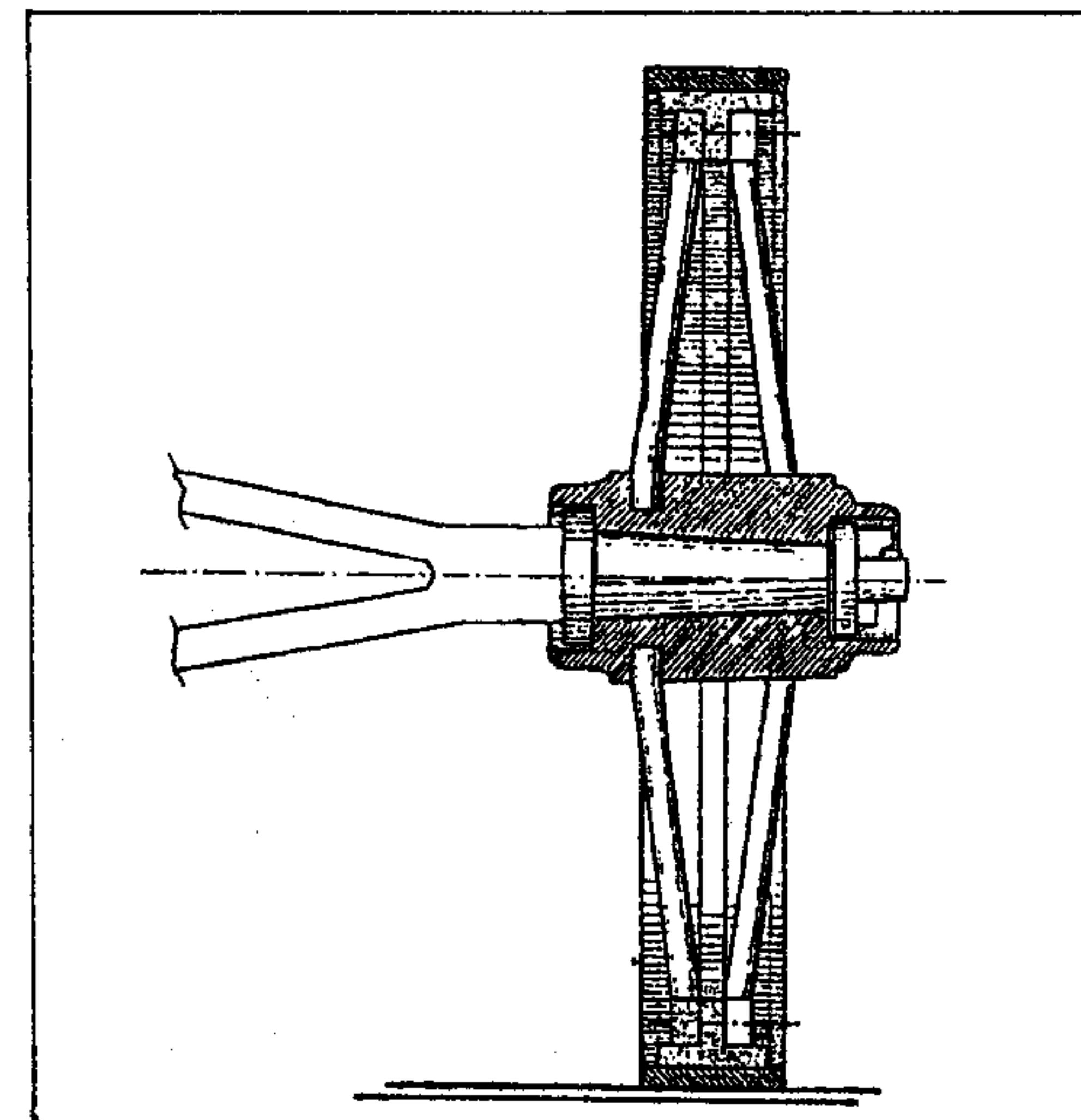


Bild 12.2.1/9:
Beispiel eines gebauten eisernen
Vorderrades einer Lokomobile
mit eingegossenen Rundspeichen
(Borsig, 1864)

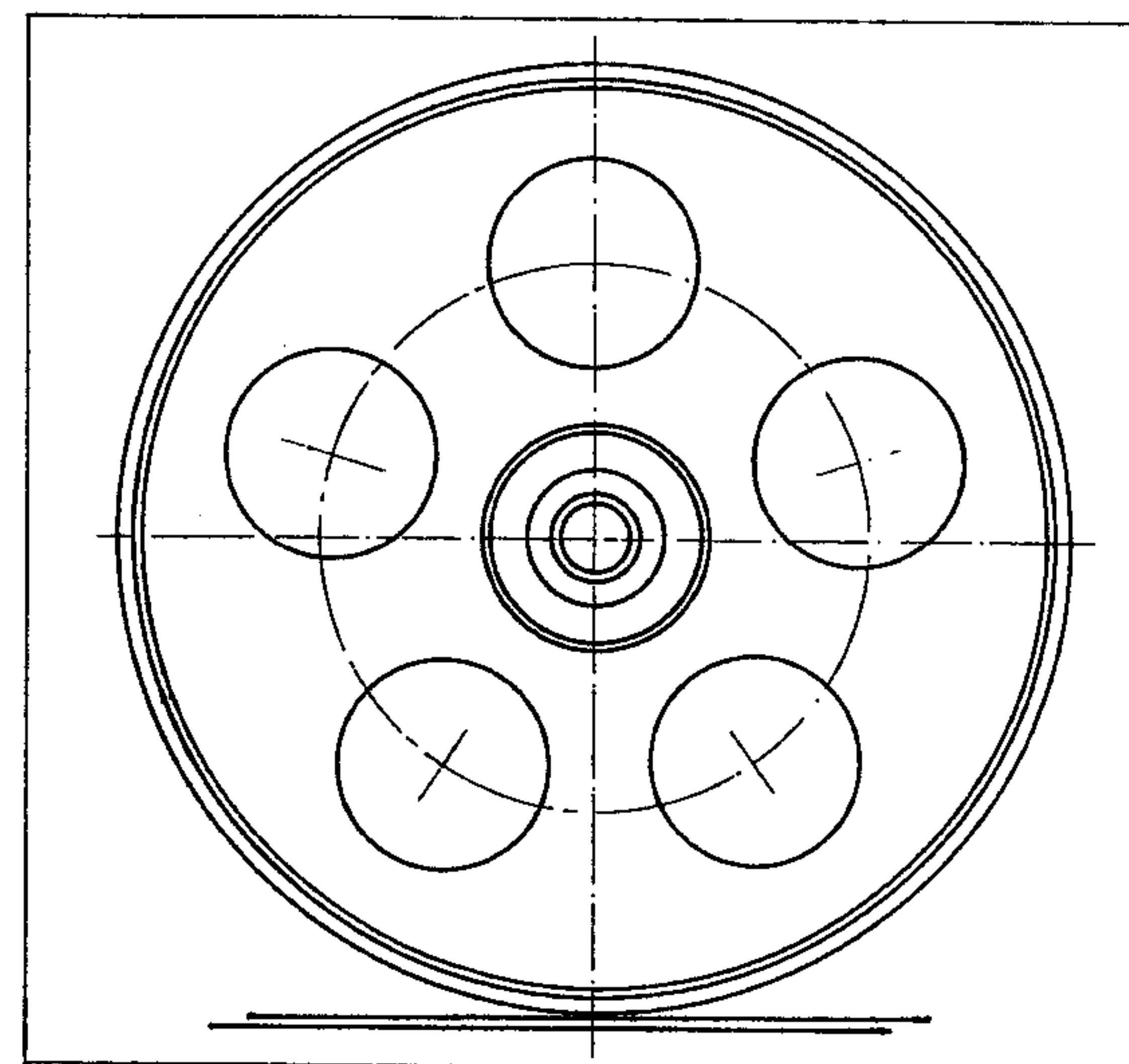


Bild 12.2.1/10:
Eisernes Rad mit Radscheibe
(Behne & Siegel, 1876)

Hinterachsen

Bei zweiachsigen Lokomobilen mit liegendem Kessel waren die Achskonstruktion und die Lage der Achse sehr unterschiedlich. Einige Hersteller legten den gekröpften Teil der einteiligen Achse unter der Feuerbüchse durch, andere führten sie gerade vor der Feuerbüchse unter dem Zylinderkessel und wieder andere machten sie zweiteilig mit seitlicher Befestigung der Achsstummel über Platten an der Feuerbüchse. Die Anordnung einer durchgehenden Achse hinter der Feuerbüchse war selten. Der Platz war begrenzt und die Achse störte bei der Bedienung der Lokomobile.

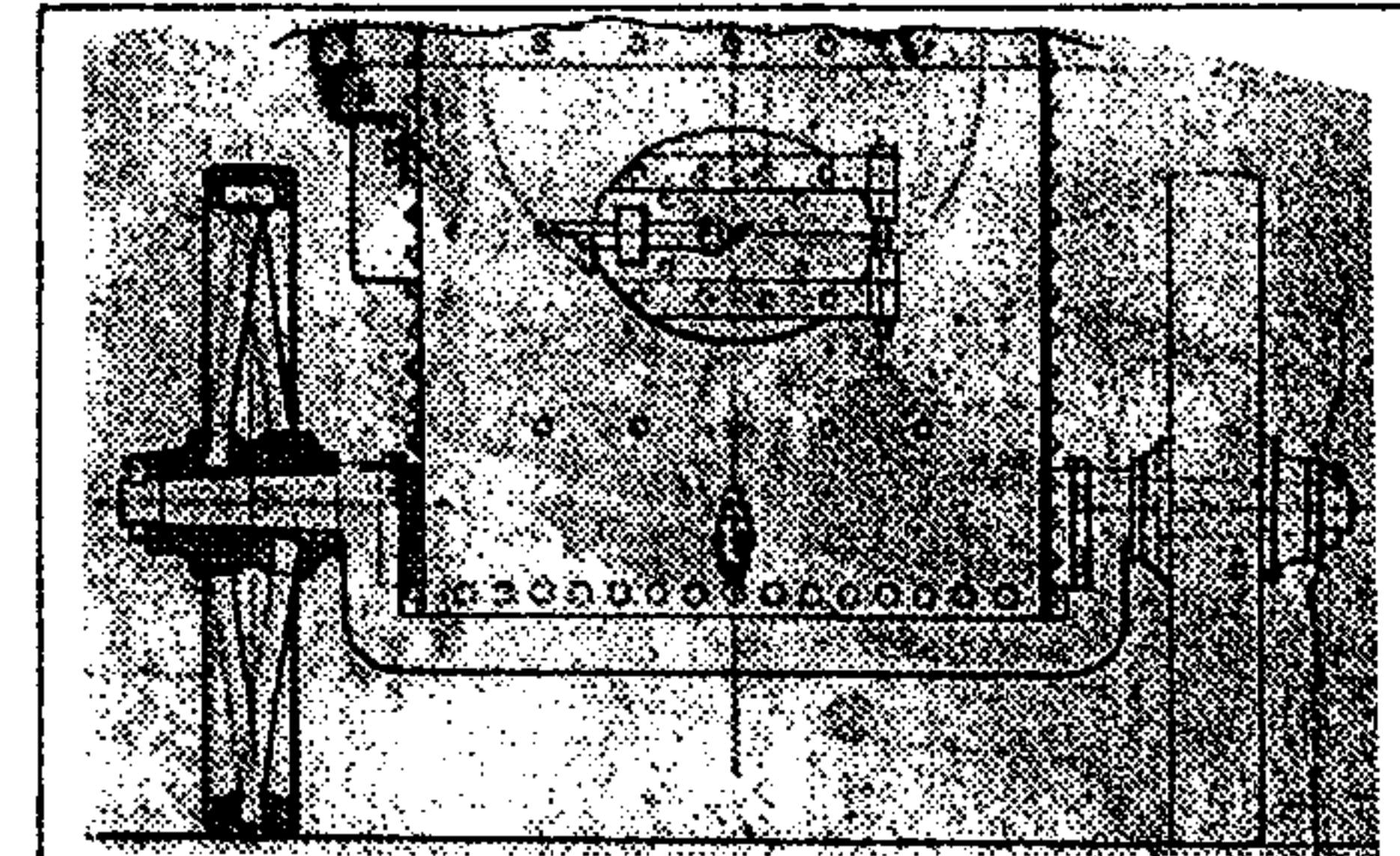


Bild 12.2.1/11:
Einteilige, gekröpfte Achse,
Achsführung unter der
kastenförmigen Feuerbüchse
(C. Reichenbach, 1855)

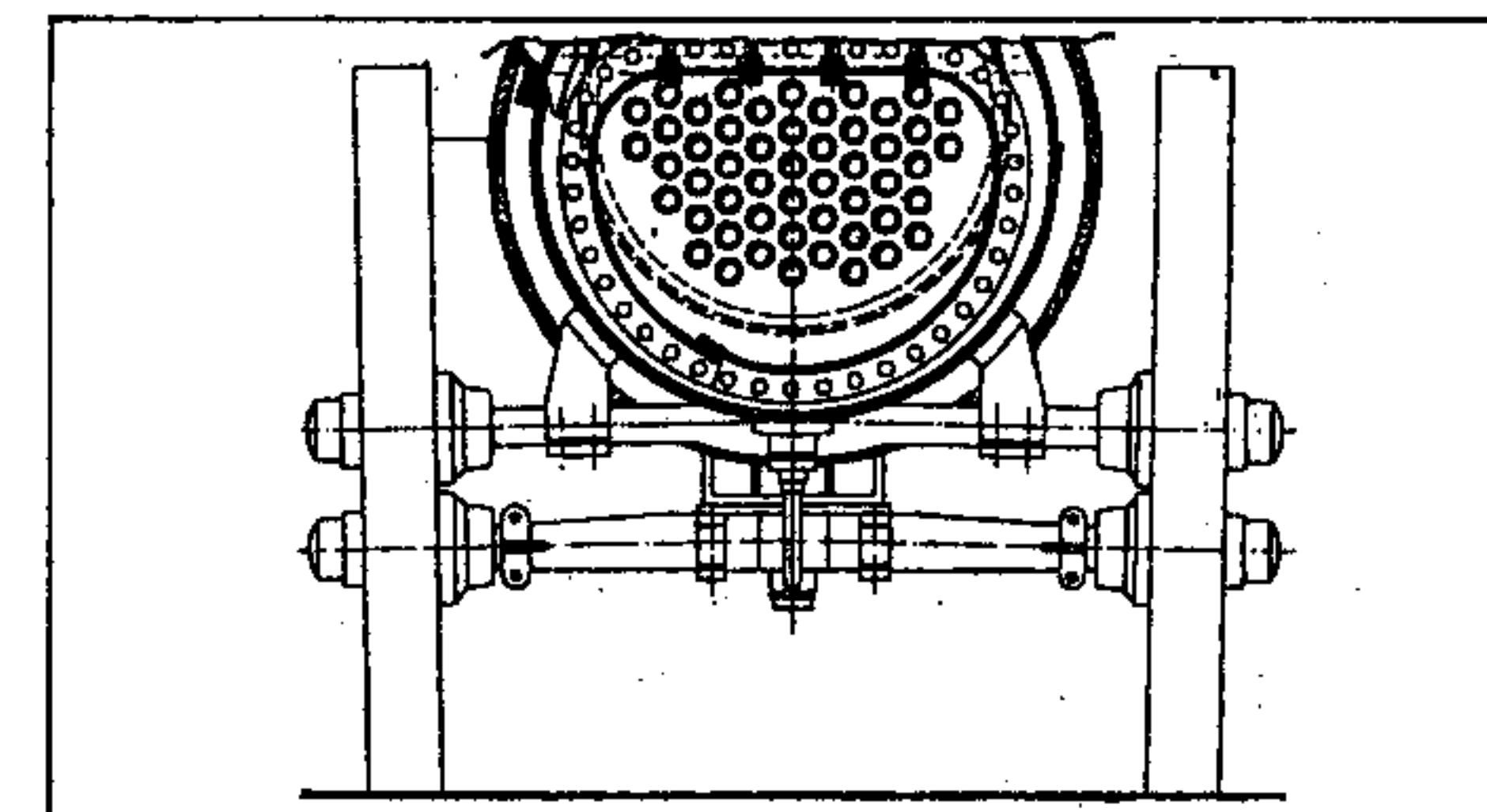


Bild 12.2.1/12:
Einteilige, gerade Achse,
Achsführung unter der
zylindrischen Feuerbüchse
(R. Wolf, 1875)

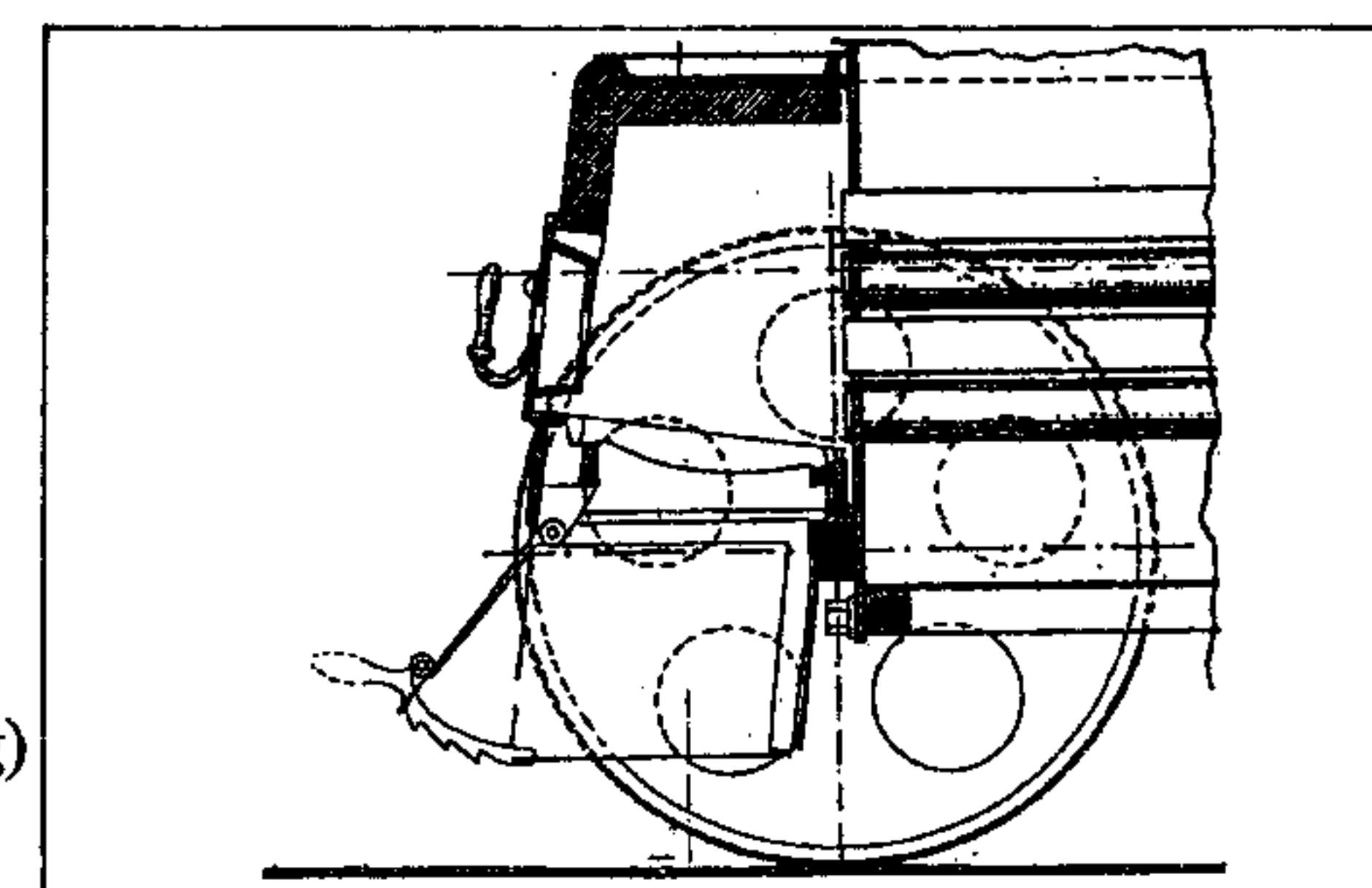


Bild 12.2.1/13:
Einteilige, gerade Achse,
Achsführung hinter dem
Rauchrohrkessel (Kessel mit Vorfeuerung)
(Behne & Siegel, 1876)

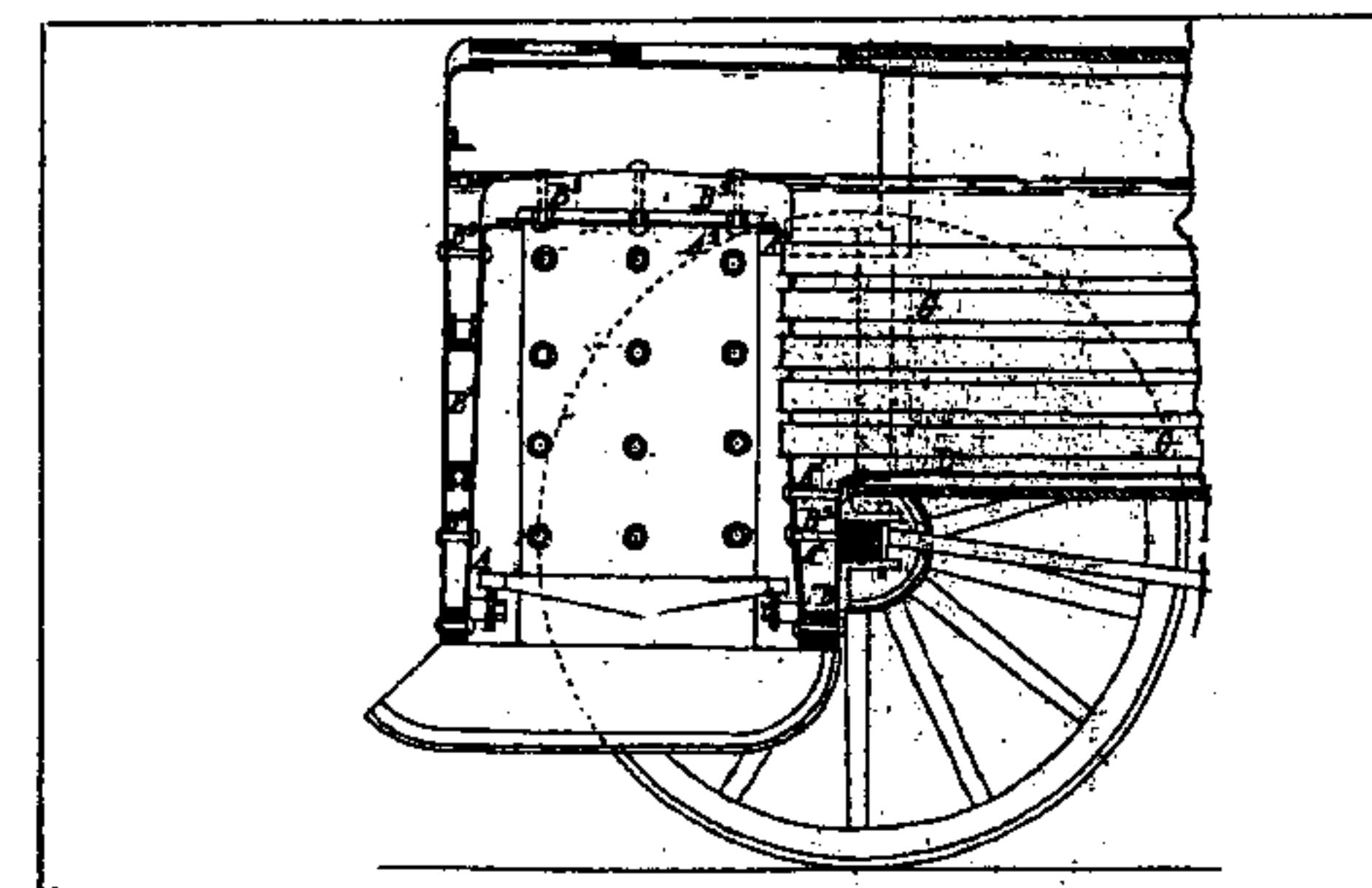
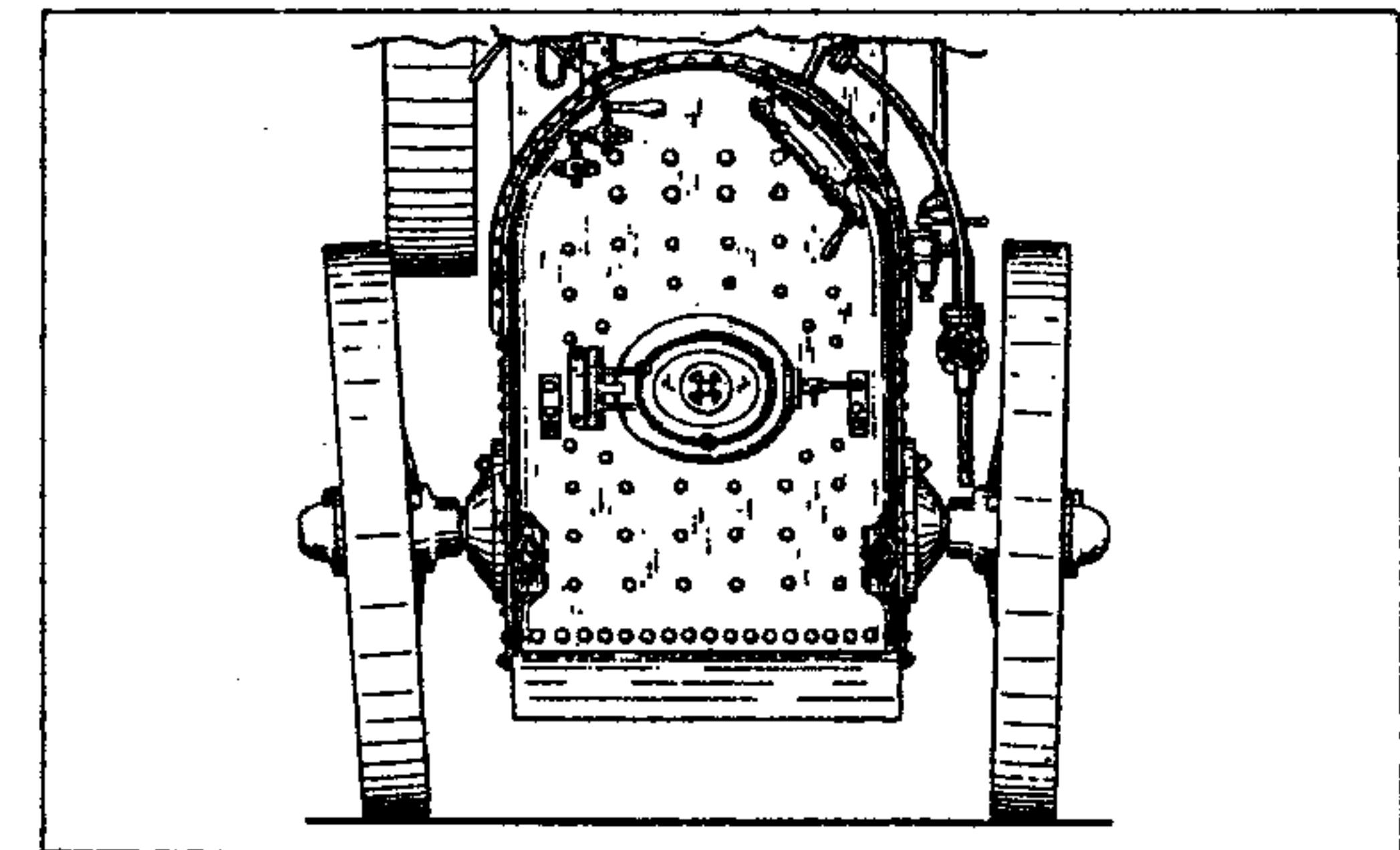


Bild 12.2.1/14:
Einteilige, gerade Achse,
Achsführung vor der
kastenförmigen Feuerbüchse
(Egestorff, 1865)

Bild 12.2.1/15:
Geteilte Achse,
seitliche Befestigung der
Achsstummel an der
kastenförmigen Feuerbüchse



Bei zweiachsigen Lokomobilen mit Stehkesseln waren der Kessel (und die Maschine) häufig auf gegossenen Grundplatten aufgebaut. Bei verfahrbaren Lokomobilen wurden aus den einfachen Grundplatten komplizierte Untergestelle, die neben ihrer tragenden Funktion noch eine Reihe von Zusatzfunktionen (Wasserbehälter, Aschenkasten etc.) aufnahmen. Die Achsen und ihre Aufnahmen waren in diese Untergestelle integriert, meist als einteilige, gerade Achse.

Bemerkung

Bei einachsigen Lokomobilen waren die Achsstummel häufig über Platten außen am Kessel vernietet. In einigen Fällen wurden die Achsen auch gerade durch den Kessel und z.T. durch die Feuerbüchse durchgeführt. Ein eisernes Schutzrohr verhinderte eine zu starke Erwärmung.

Bemerkung

Um eine größere Stabilität im Untergestell zweiachsiger Lokomobilen zu erhalten, setzten einige Hersteller Verstrebungen zwischen der Hinter- und Vorderachse ein. Sie lagen in der Mitte der Maschine und entlasteten den mittragenden Kessel.

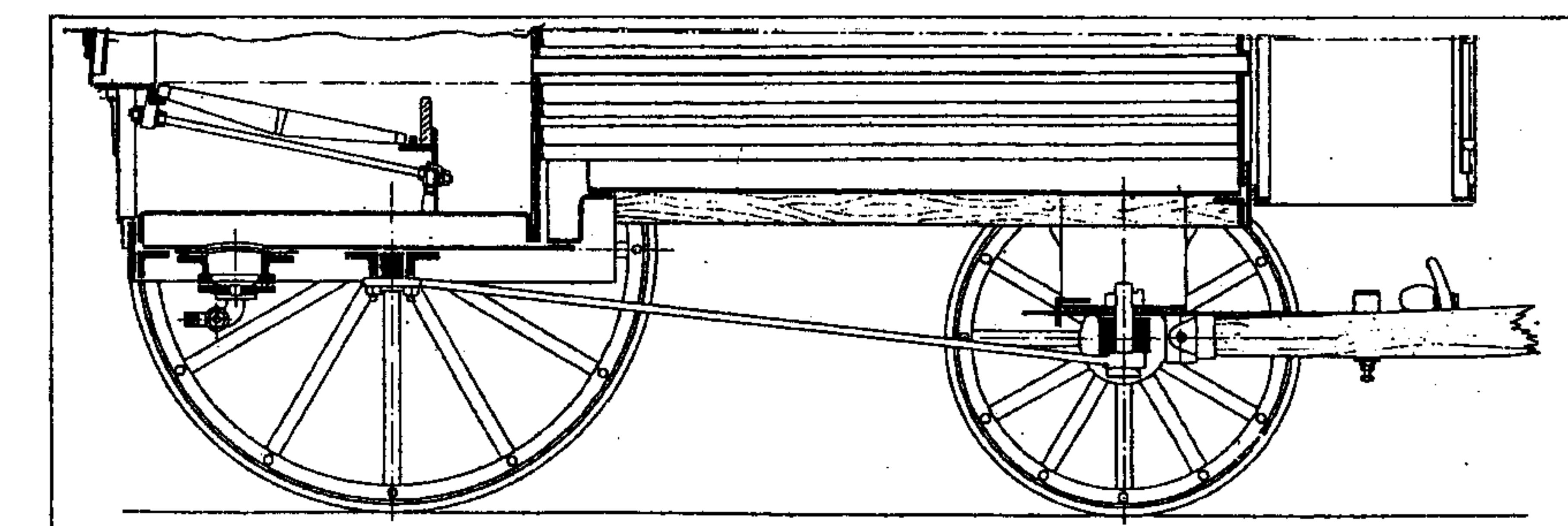


Bild 12.2.1/16: Anordnung einer Zugstrebe zwischen den Achsen einer Lokomobile

Vorderachse, Vordergestell (Drehgestell)

Bei zweiachsigen Lokomobilen war die hintere Achse starr, die Vorderachse war die Lenkachse. Die vordere Achse war, wie die hintere, in der Regel nicht gefedert. Die Räder der Lenkachse waren kleiner und gestatteten ein stärkeres Einschwenken bei Kurvenfahrten und beim Rangieren. Die Achse war im Allgemeinen vorne unter dem Zylinderkessel abgestützt. Ein stabiler U-förmiger Halter (Drehschemel) war direkt am Kessel vernietet. Er nahm die vordere Achse auf. Lokomobile mit einer Abstützung der Vorderachse unter der Rauchkammer sind auch gebaut worden. In diesem Fall musste die Rauchkammer stabiler gebaut sein. Üblicherweise war sie nur eine leichte Blechkonstruktion und zur Aufnahme größerer Lasten ungeeignet.

Die Vorderachse musste um zwei Achsen schwenkbar sein. Zum einen musste die Lenkbewegung um eine senkrechte Achse ausgeführt werden können und zum anderen war eine pendelnde Aufhängung notwendig. Durch diese pendelnde Aufhängung wurden Unebenheiten der Fahrbahn ausgeglichen. Da die hintere Achse immer starr war, wäre der Kessel bei der Fahrt beispielsweise auf Verdrehung beansprucht worden. Die Konstruktionen zur Ermöglichung einer freien Bewegung der Achse waren sehr unterschiedlich. Es gab Kugelgelenke, die die Verbindung zwischen Vordergestell und der Lokomobile herstellten als auch einfache Drehgelenke mit Lagerbolzen. Häufig wurde ein Drehgelenk für die Schwenkbewegung beim Lenken und ein zweites für die Pendelbewegung verwendet. Die ersten Lokomobilen besaßen noch Vordergestelle, die weitgehend aus Holz gebaut waren. Die Ausführung wurde von den Lastenfuhrwerken übernommen. Die Lenkbewegung übertrug ein sogenannter „Reibnagel“. Der bewegliche Teil des Vordergestells stützte sich über einen „Reibsuhu“ an einem festen Rahmenteil der Lokomobile ab. Geringe Pendelbewegungen konnten ausgeglichen werden. Zur Aufnahme größerer Pendelbewegungen war ein zusätzliches Gelenk erforderlich.

Bild 10.2.1/17:
Hölzernes Vordergestell
mit Reibnagel und Reibsuhu,
Abstützung unter dem Kessel
(um 1860)

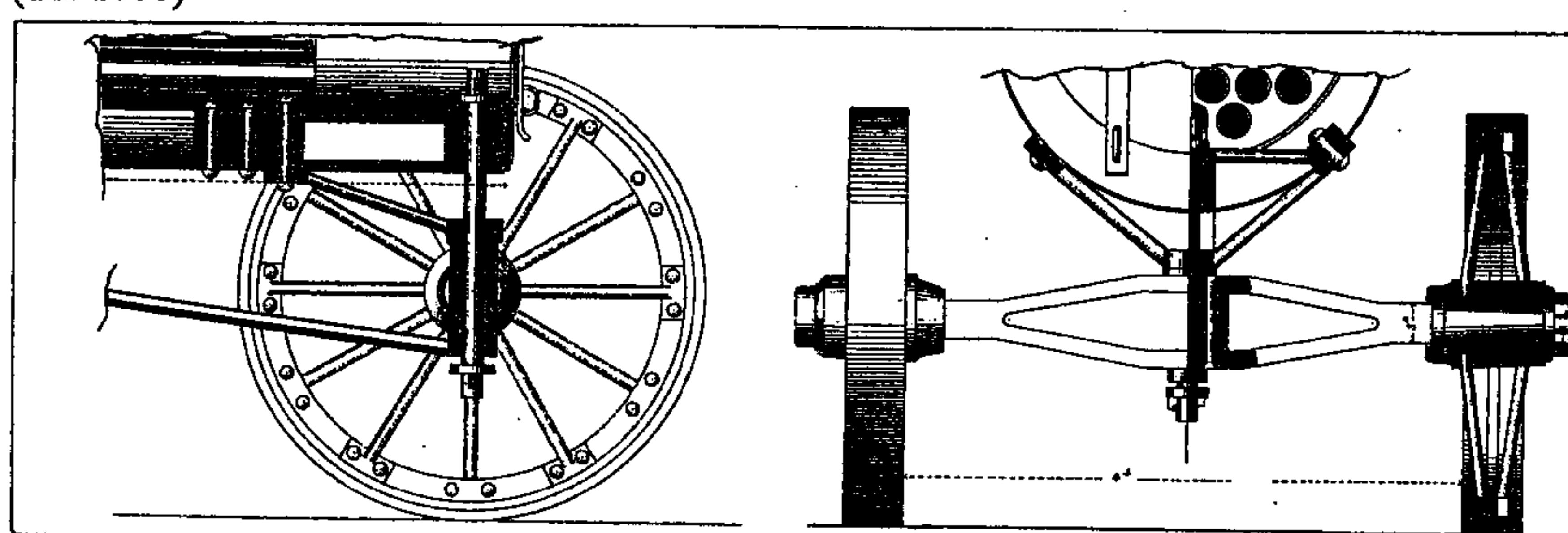
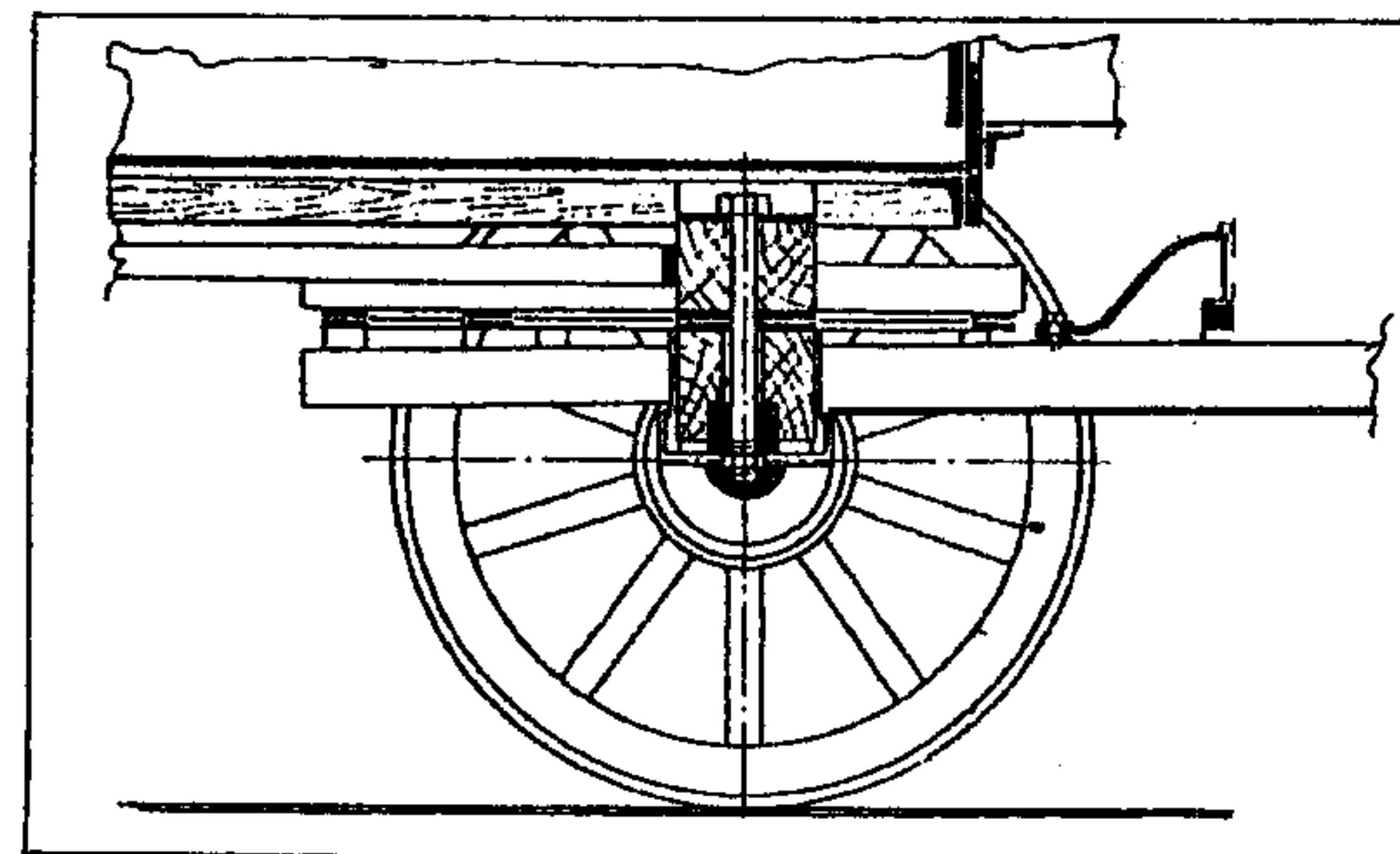


Bild 10.2.1/18: Eisernes Vordergestell ohne Pendelausgleich, Abstützung unter der Rauchkammer, mit Zugstreben (Borsig, 1864)

Im Laufe der Entwicklung wurden die Maschinen schwerer und leistungsfähiger. Man ersetzte die hölzernen Gestelle vollständig durch eiserne. Nur die eigentliche Zugdeichsel war noch aus Holz. Die Ausführungen waren sehr unterschiedlich. Einige Hersteller setzten im Bereich der Lagerung der Achse auch stabile Gussteile ein. Es gab auch unterschiedliche Ausführungen mit meist mehrteiligen Kugelgelenken als Hauptlager der Achse. Diese Konstruktionen ließen recht große Pendelbewegungen zu.

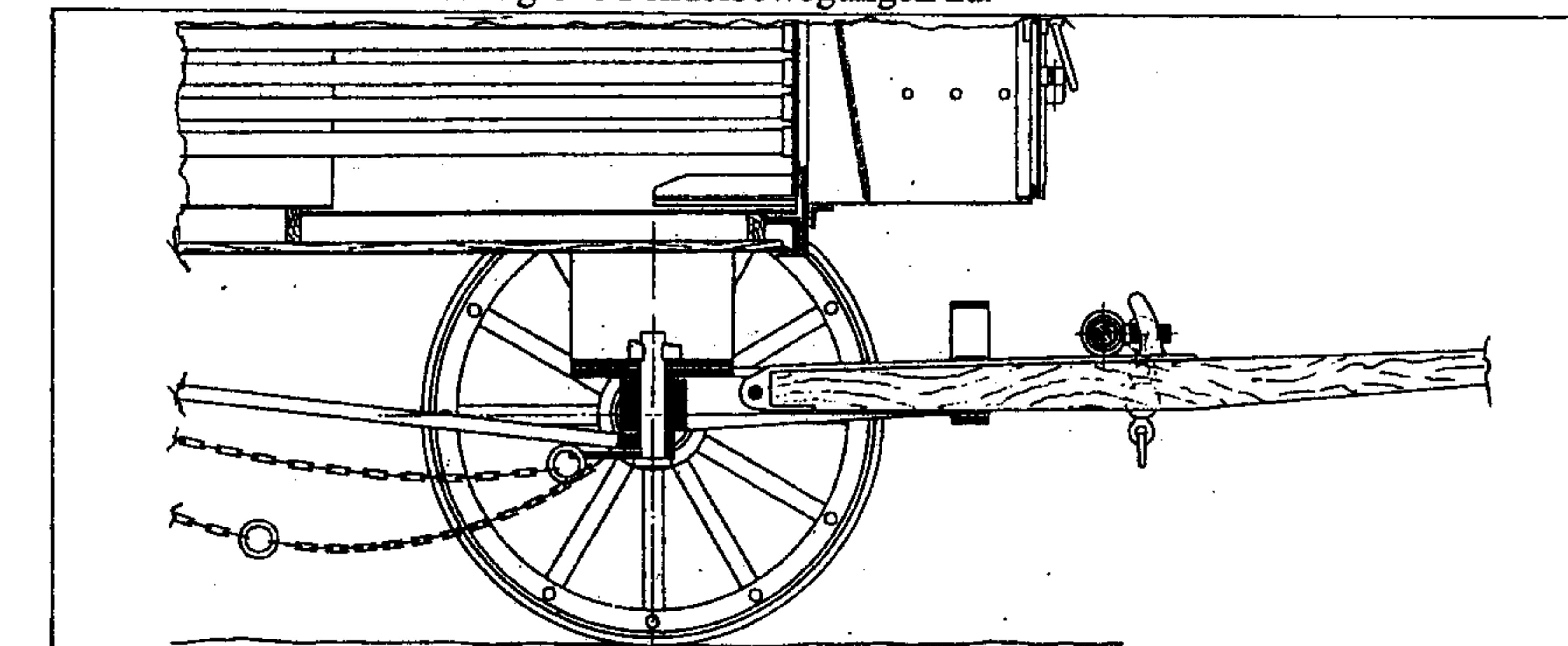


Bild 12.2.1/19: Beispiel eines eisernen Vordergestells mit Zugstreb, Abstützung unter dem Kessel (um 1875)

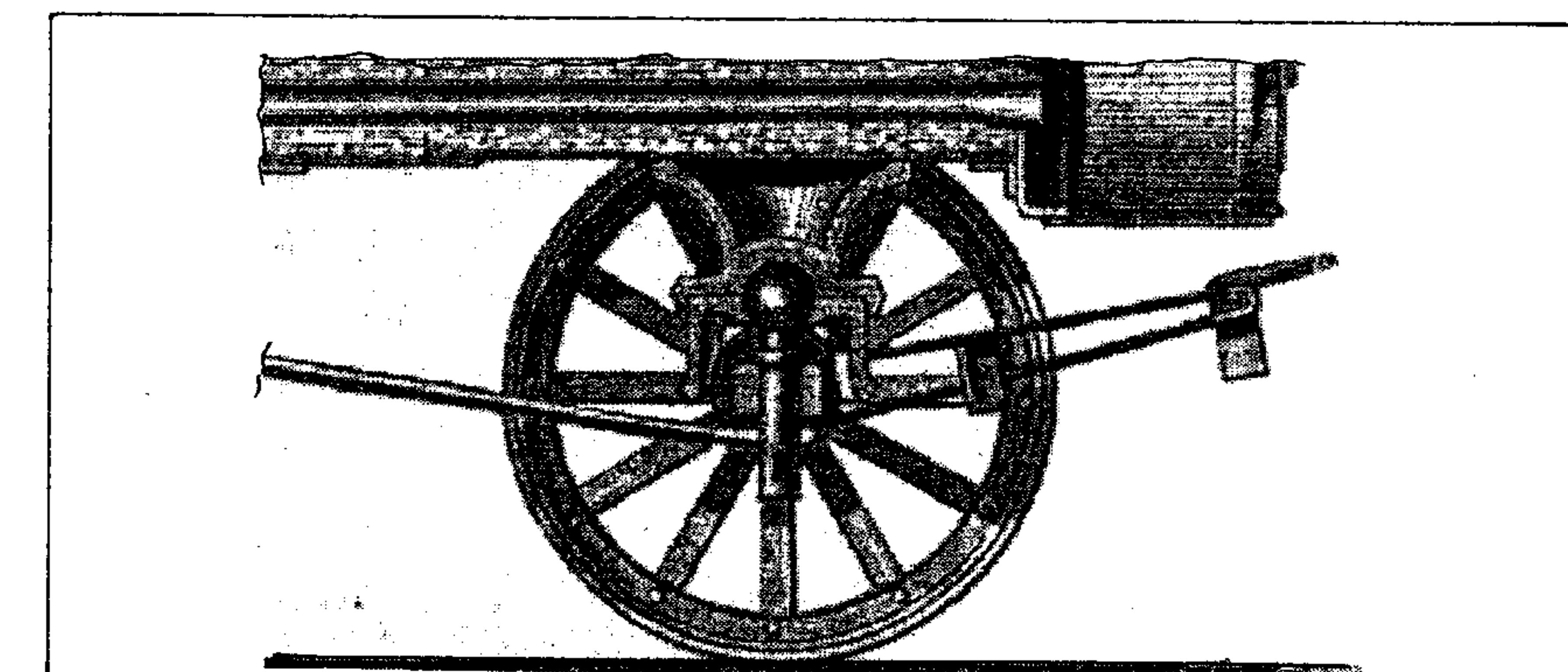


Bild 12.2.1/20: Eisernen Vordergestells mit Kugelgelenk und Abstützung unter dem Kessel (um 1880)

Deichsel und Zuggeshirre

Der Vorspann bei Lokomobilen richtete sich nach der Größe der Maschine und den Geländeverhältnissen. Als Zugtiere kamen vornehmlich Pferde zum Einsatz. Ochsen besaßen zwar eine größere Zugkraft, sie waren aber als Zugtiere sehr langsam und schwer zu lenken. Sie erforderten auch spezielle Zuggeshirre. Kleinere, leichte ein- und auch zweiachsige Lokomobilen konnten noch einspännig bewegt werden. Die Gabeldeichsel wurde von den Fuhrwerken übernommen. Schwere Maschinen wurden immer zweispännig gefahren, selten vierspännig. Im Allgemeinen legte man den Vorspann nicht auf die schwersten Passagen aus, sondern auf die durchschnittlichen. Es war üblich, größere Steigungen oder schlechte Passagen wenn notwendig mit zusätzlichem Vorspann zu bewältigen. Die Art, wie die Zugtiere angeschiirrt worden waren, war regional unterschiedlich.

Beim Transport der Lokomobilen mit Zugmaschinen (Dampfschleppern) wurde mit einer zentralen Deichsel gefahren. Der Deichselbaum hatte an der Zugseite eine Öse, die in eine entsprechende Aufnahme der Zugmaschine passte.

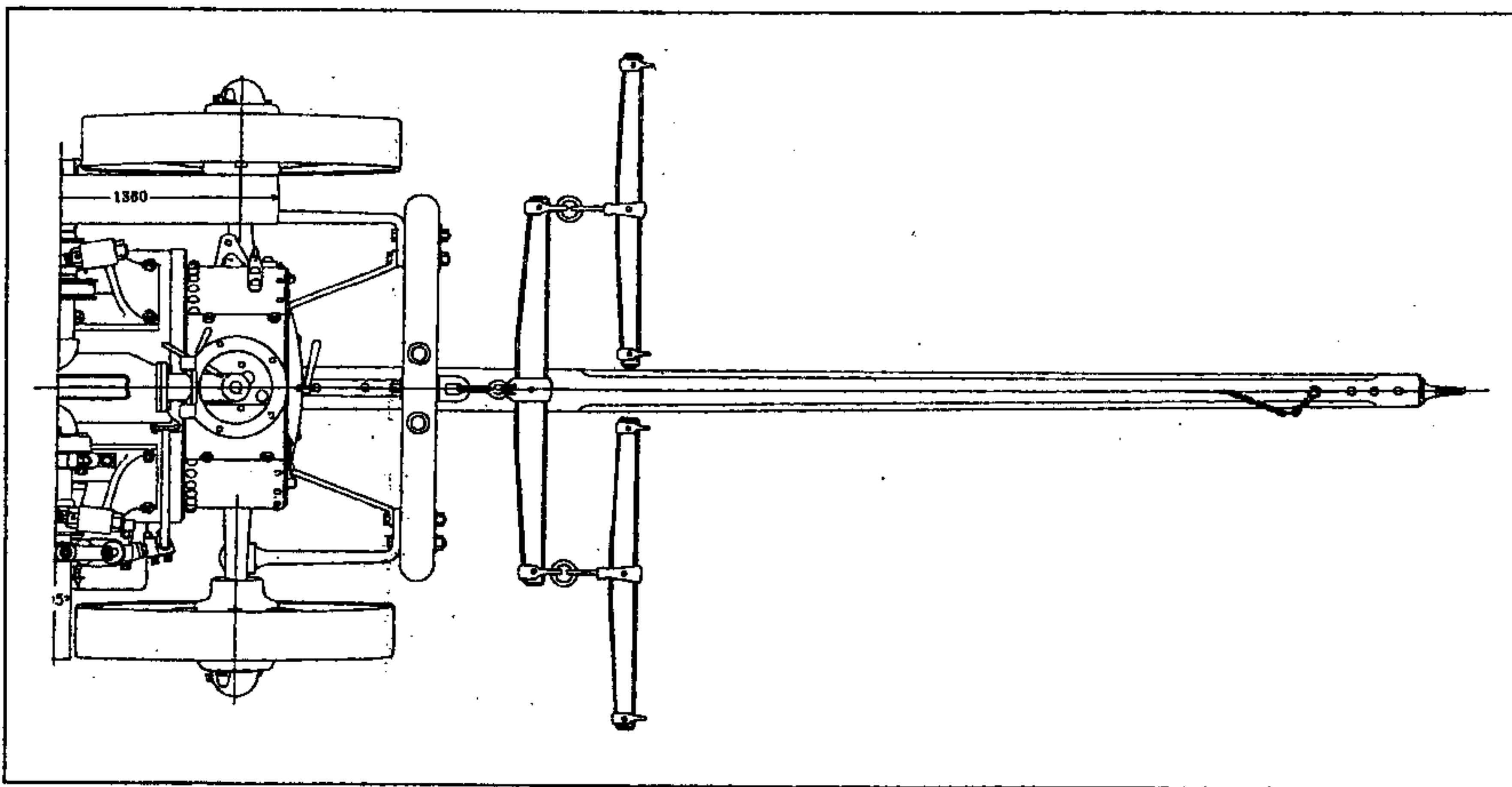


Bild 12.2.1/21: Deichsel für zweispännigen Zug (Beispiel) mit Vorderachse

Lenkeinschlagsbegrenzung

Bei starkem Lenkeinschlag konnten die Vorderräder leicht Teile des Kessels oder der Kesselverkleidung beschädigen. Durch die erheblichen Lenkkräfte und das Reiben der Räder wurde insbesondere die Kesselverkleidung stark beschädigt. Die einfachste Abhilfe schafften Abstreifhölzer, die am Kessel befestigt wurden. Eine bessere Lösung waren zwei Ketten, die bei Geradeausfahrt lose zwischen der vorderen Achse und einem hinteren Teil der Lokomobile verliefen. Beim Lenkeinschlag spannte sich jeweils eine Kette und begrenzte so den Lenkeinschlagswinkel (siehe Bild 12.2.1/19).

Bemerkung

In der Bauwirtschaft kamen auch Lokomobilen zum Einsatz, die keine lenkbare Vorderachse besaßen. Sie hatten eine starre vordere Achse und meist kleinere, eiserne Räder einfacher Bauweise. Eine Lenkung war bei diesen Maschinen nicht zwingend erforderlich, da sie in gerader Linie parallel zu einer Häuserfront, einem Kanal usw. bewegt wurden. Auf größere Räder konnte auch verzichtet werden. Zum Wechseln des Einsatzbereichs wurde die Maschine auf Holzbohlen weitergerollt.

Bremsen

Leichte ein- und zweiachsige Lokomobilen wurden von den Zugtieren gebremst. Eine gesonderte Wagenbremse war nicht vorhanden. In kritischen Situationen behelfte man sich mit dem üblichen „Hemmzeug“ (beispielsweise einen Bremshebel über dem Boden mitschleifen lassen u.a.m.). Wenn das nicht reichte wurden auch die Räder blockiert.

Bei schweren Lokomobilen reichte die Bremskraft der Zugtiere häufig nicht mehr aus. Es wurden dann mechanische Bremsen eingesetzt. Es gab sie in unterschiedlichen Ausführungen. Häufig wurden einfache Klotzbremsen eingesetzt. Sie wirkten nur auf die Radreifen der hinteren Räder. Die Wirkung dieser Bremsen war stark vom Zustand der Wege abhängig. Feuchtigkeit, Lehm und Schmutz auf den Radreifen reduzierten die Bremswirkung erheblich. Besser in ihrer Wirkung zu steuern waren Bandbremsen und ähnliche Konstruktionen. Sie wirkten nicht auf die Radreifen, sondern auf einen separaten eisernen Ring, der mit dem Rad verbunden war. Die Bremskräfte wurden durch Hebel oder Spindeln mit Mutter aufgebracht. Die Bedienung erfolgte von hinten, von der Feuerbüchsenseite aus.

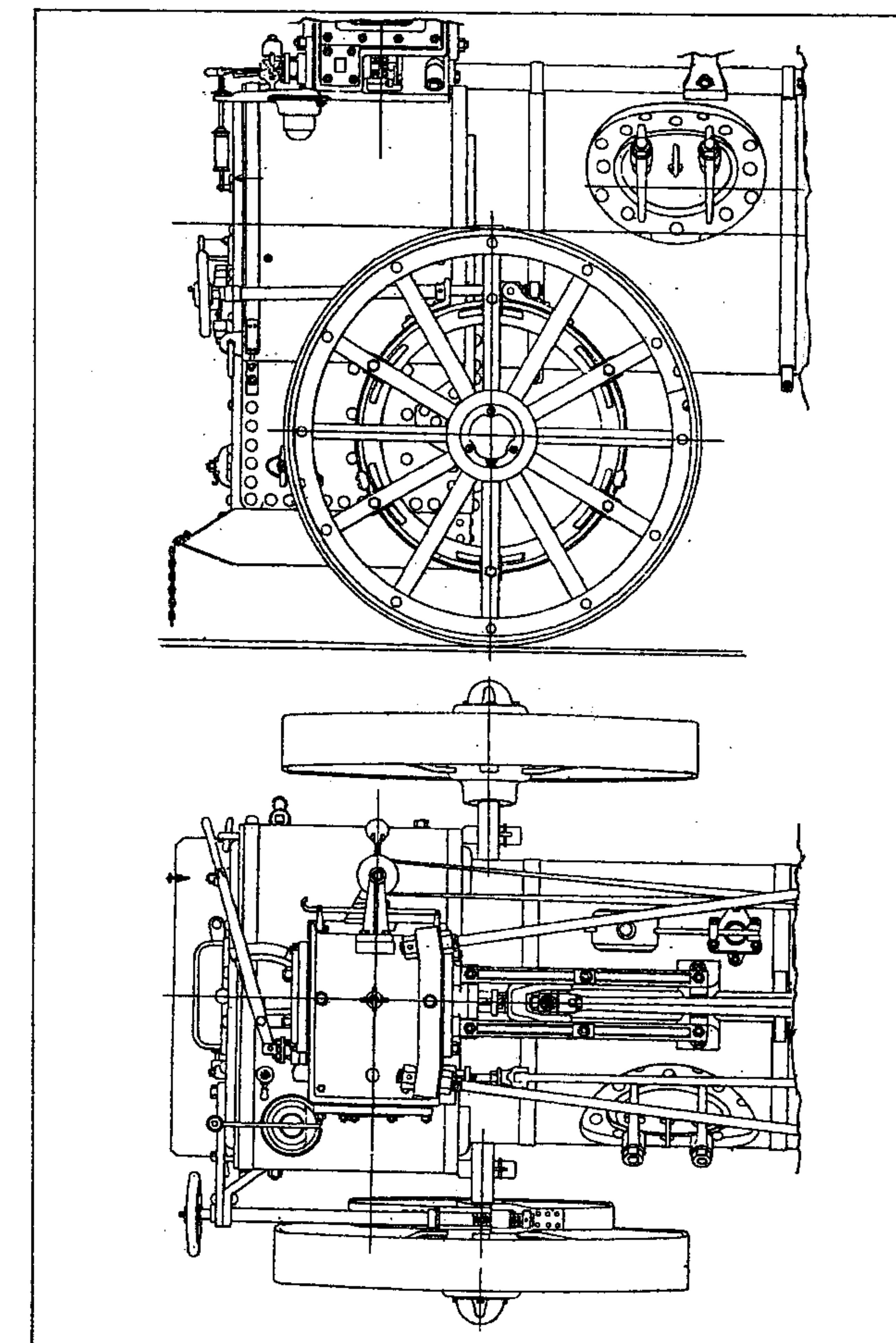


Bild 12.2.1/22:
Bandbremse an
einer Lokomobile
(um 1886)

12.2.2 Untergestelle zweiachsiger Lokomobile mit liegendem Kessel

12.2.2.1 Zweiachsige Untergestelle mit Lenkachse (Beispiele)

Die in der Landwirtschaft, im Handel und im Gewerbe eingesetzten Lokomobile besaßen in der üblichen Ausführung eine lenkbare Vorderachse. Die ursprüngliche Ausführung mit tragendem hölzernem Rahmen und separaten vorderem und hinterem Untergestellteilen (siehe Bild 12.2.1/1) wurde bald aufgegeben. Der Kessel wurde mittragendes Element. Das hintere Teil des Untergestells wurde im Bereich der Feuerbüchse integriert, das vordere Teil wurde zur separaten Lenkachse. Die Lage der hinteren Achse variierte. Zur Darstellung der wesentlichen Merkmale dieser Untergestelle reichen einige wenige Beispiele aus. Im Kapitel 14 ff. werden die entsprechenden Lokomobile umfassender dargestellt.

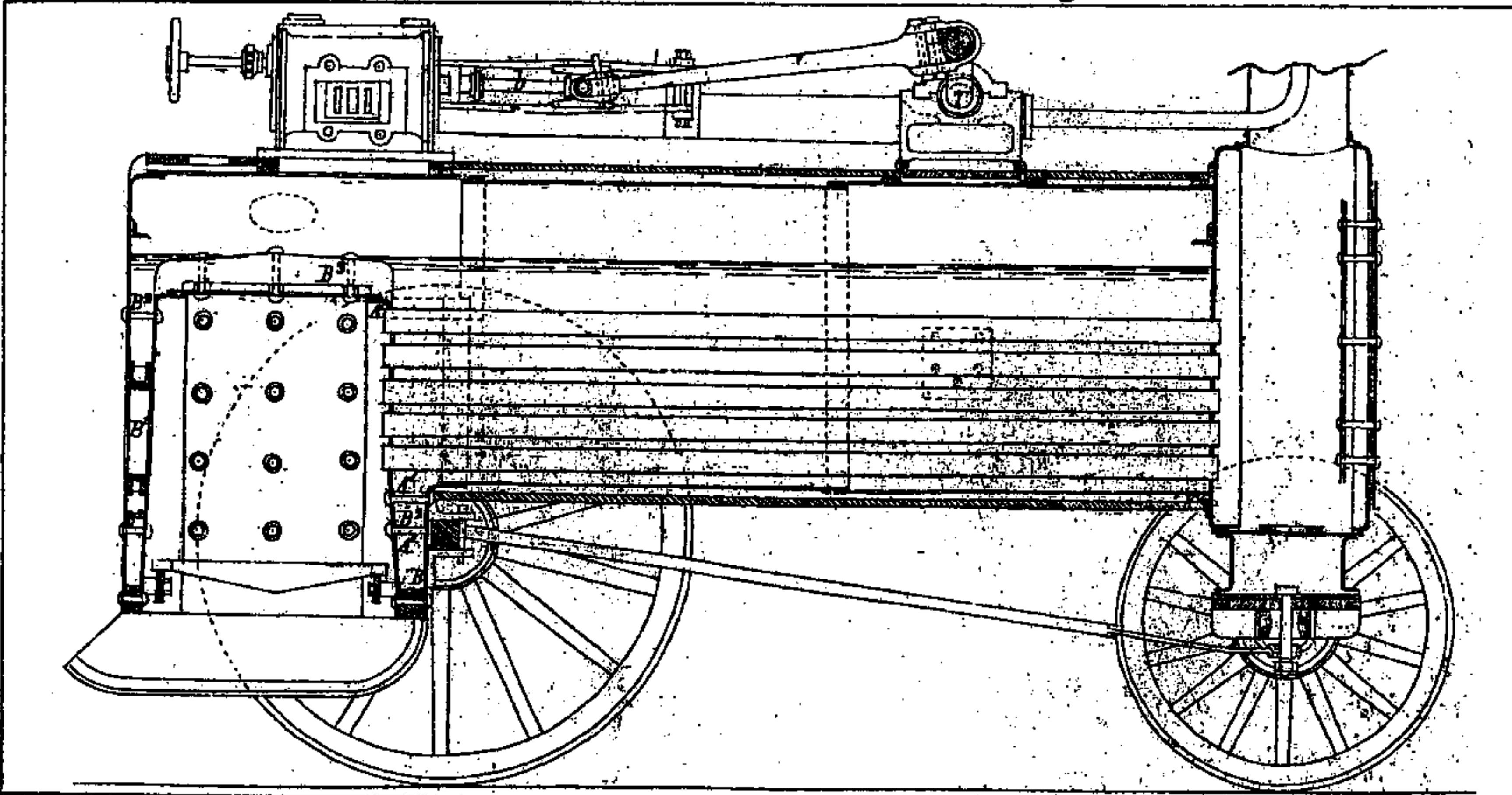


Bild 12.2.2.1/1: Beispiel eines Untergestells einer zweiachsigen Lokomobile mit liegendem Kessel, Vordergestell unter der Rauchkammer befestigt, Hinterachse vor der Feuerbüchse (Egestorff, 1865)

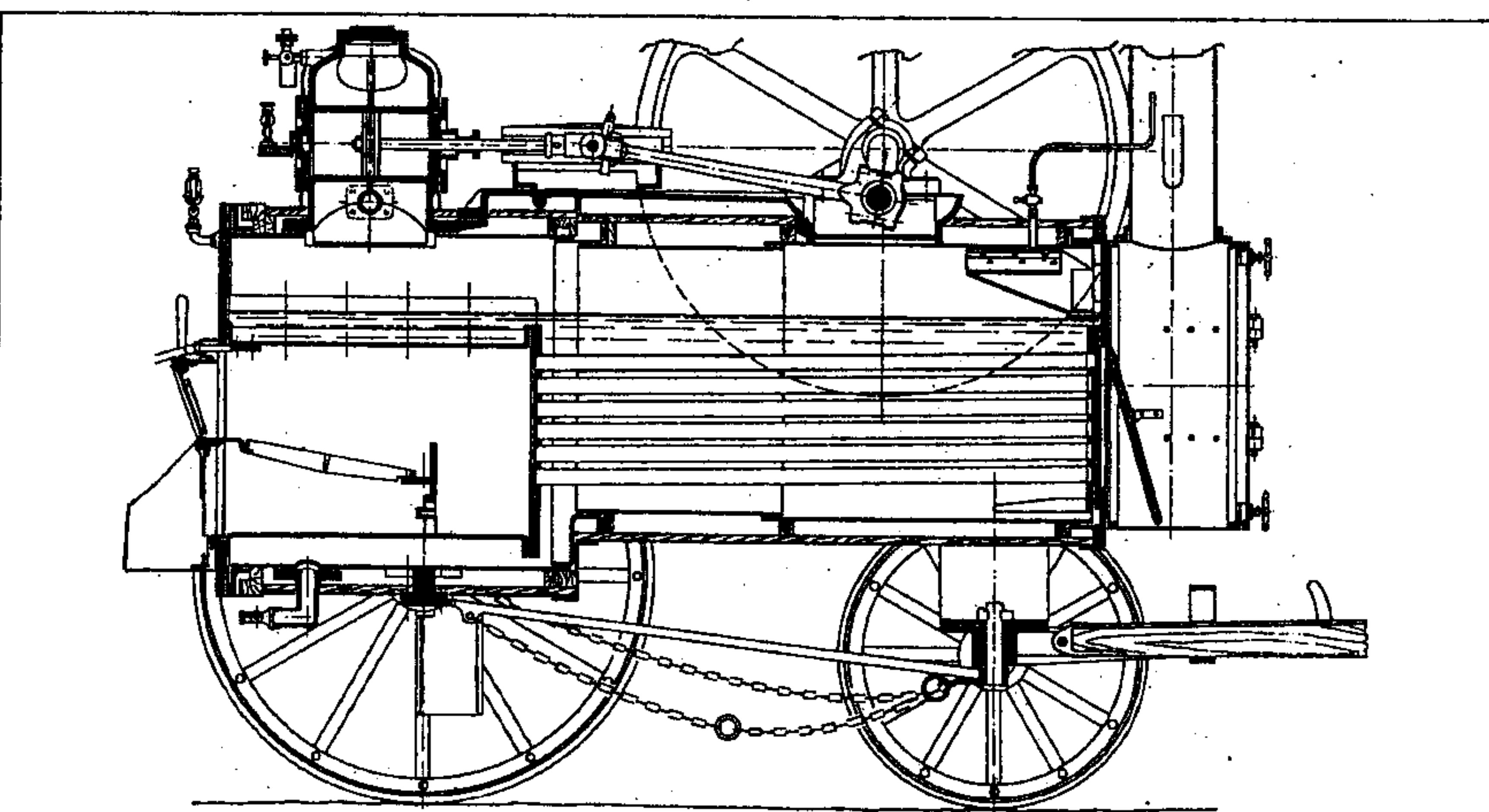


Bild 12.2.2.1/2: Beispiel eines Untergestells einer zweiachsigen Lokomobile mit liegendem Kessel, Vordergestell unter dem Kessel befestigt, Hinterachse unter der zylindrischen Feuerbüchse (R. Wolf, 1880)

12.2.2.2 Zweiachsige Untergestelle ohne Lenkachse

Es gab Einsatzfälle bei Lokomobilen, vornehmlich in der Bauwirtschaft, bei denen eine Verfahrbarkeit gewünscht, aber eine Lenkung nicht erforderlich war. Die Maschinen wurden selten bewegt und dann zumeist auf gerader Linie, beispielsweise entlang einer Häuserzeile oder eines Kanals. Für diese Verschiebung der Maschinen wurden starke Bretter unter die Räder gelegt. Die Räder konnten klein gehalten werden. Häufig waren sie ganz aus Gusseisen. Wenn größere Entfernungen zu überbrücken waren, setzte man die Lokomobile auf Schwerlastanhänger. Die umgangssprachliche Bezeichnung für diese Ausführungen war „Baulokomobile“. Die Radachsen und Träger waren im Allgemeinen direkt am Kessel angenietet.

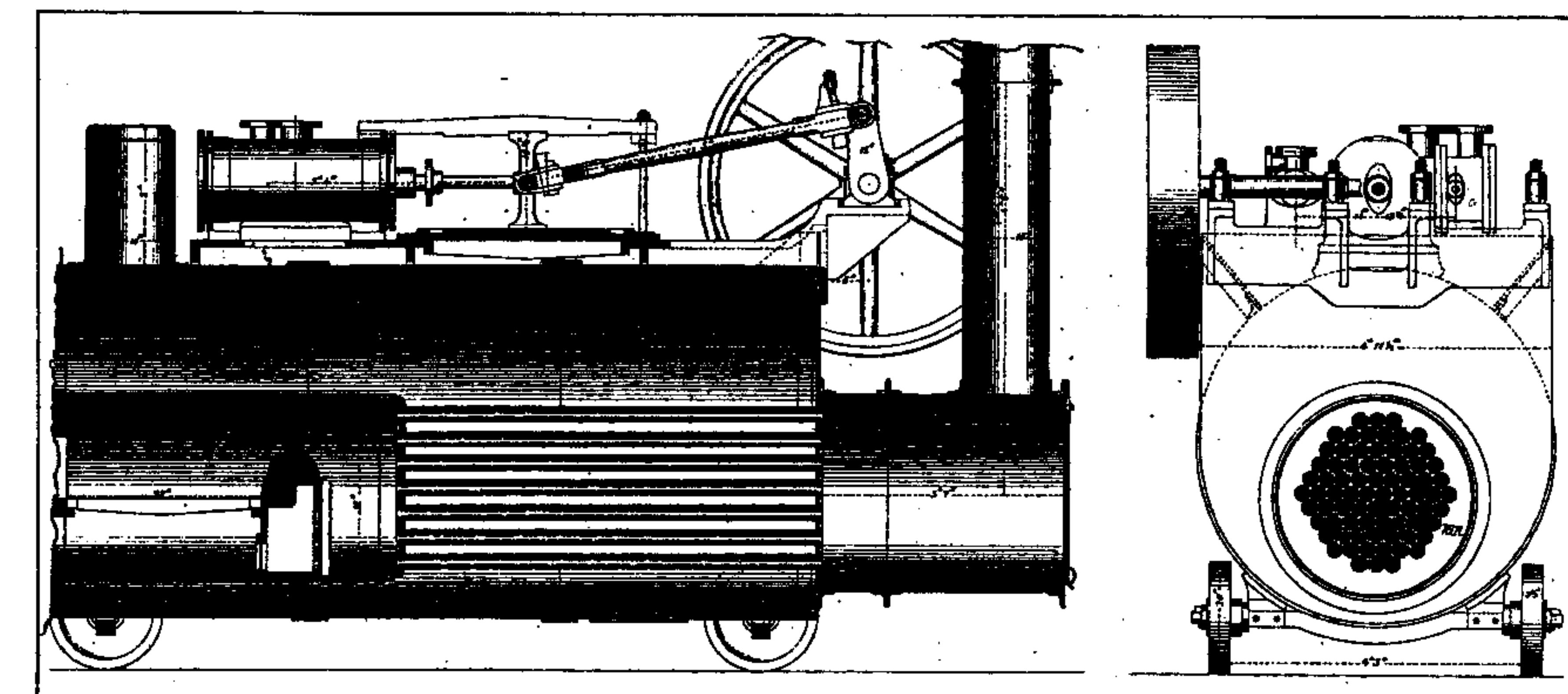


Bild 12.2.2.2/1: Untergestell einer Baulokomobile von Borsig (1864)

12.2.3 Untergestelle zweiachsiger Lokomobile mit stehendem Kessel

Die Untergestelle für diese Maschinen wichen völlig von denen der ersten Gruppe ab. Es gab Maschinen mit auf einer Grundplatte aufgesetzten Stehkesseln, die auch die Nebenaggregate trugen. Wenn die Lokomobilmaschine nicht direkt am Kessel befestigt war, stand sie ebenfalls auf der Grundplatte. Diese Platte nahm auch die hinteren Radbefestigungen und den vorderen Lenkmechanismus auf. Im Allgemeinen hatten die Maschinen vier Räder. Bei kleineren Maschinen war diese Grundplatte häufig als Gussstück ausgeführt. Wenn möglich integrierte man noch weitere Funktionen in dieses Teil, beispielsweise den Wasserbehälter oder den Aschekasten. Die kompletten Maschinen werden später im Kapitel 14 ff. vorgestellt. An dieser Stelle reichen einige Beispiele.

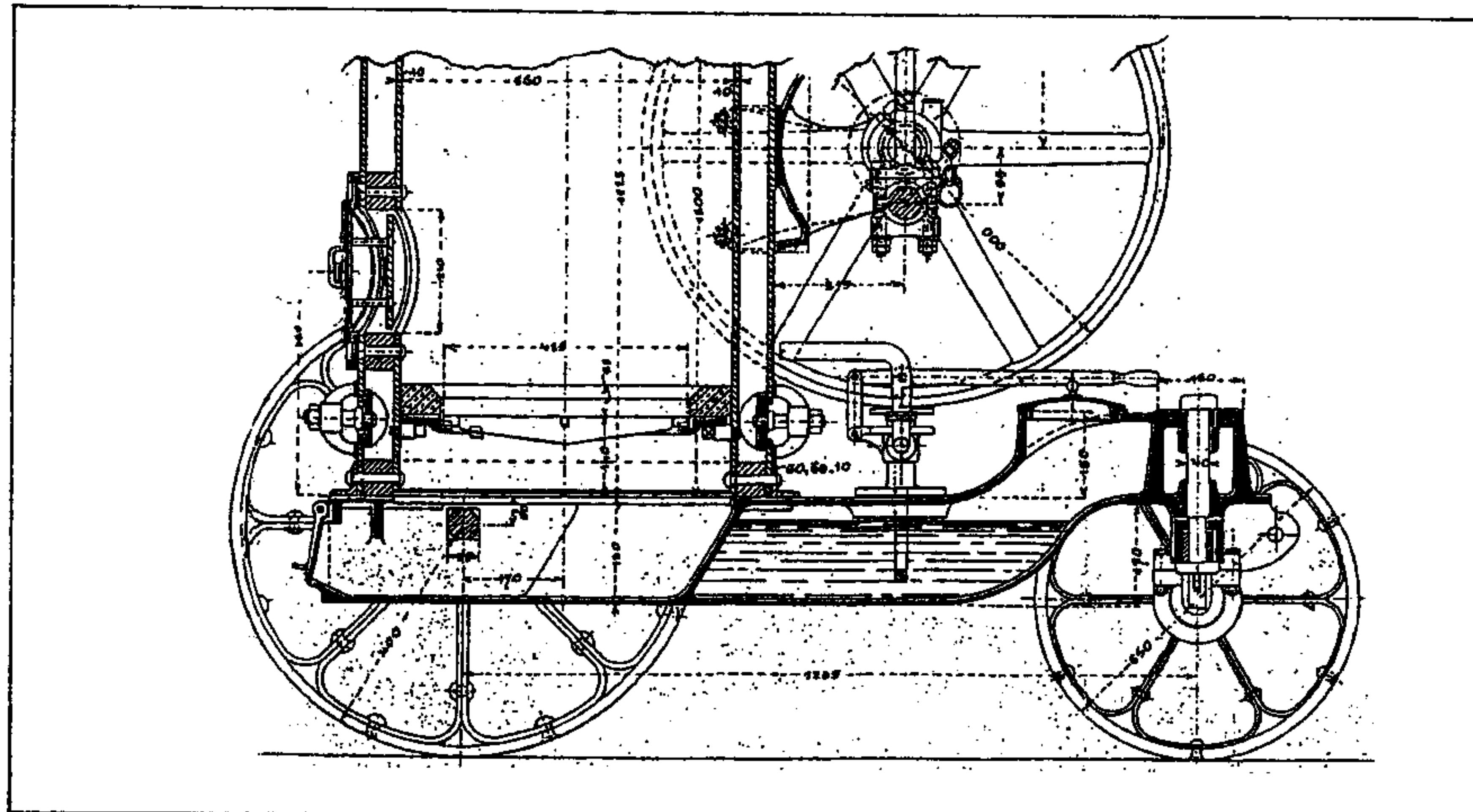


Bild 12.2.3/1: Gegossenes Untergestell mit Rädern, Lenkung, Wasserkasten und Aschebehälter

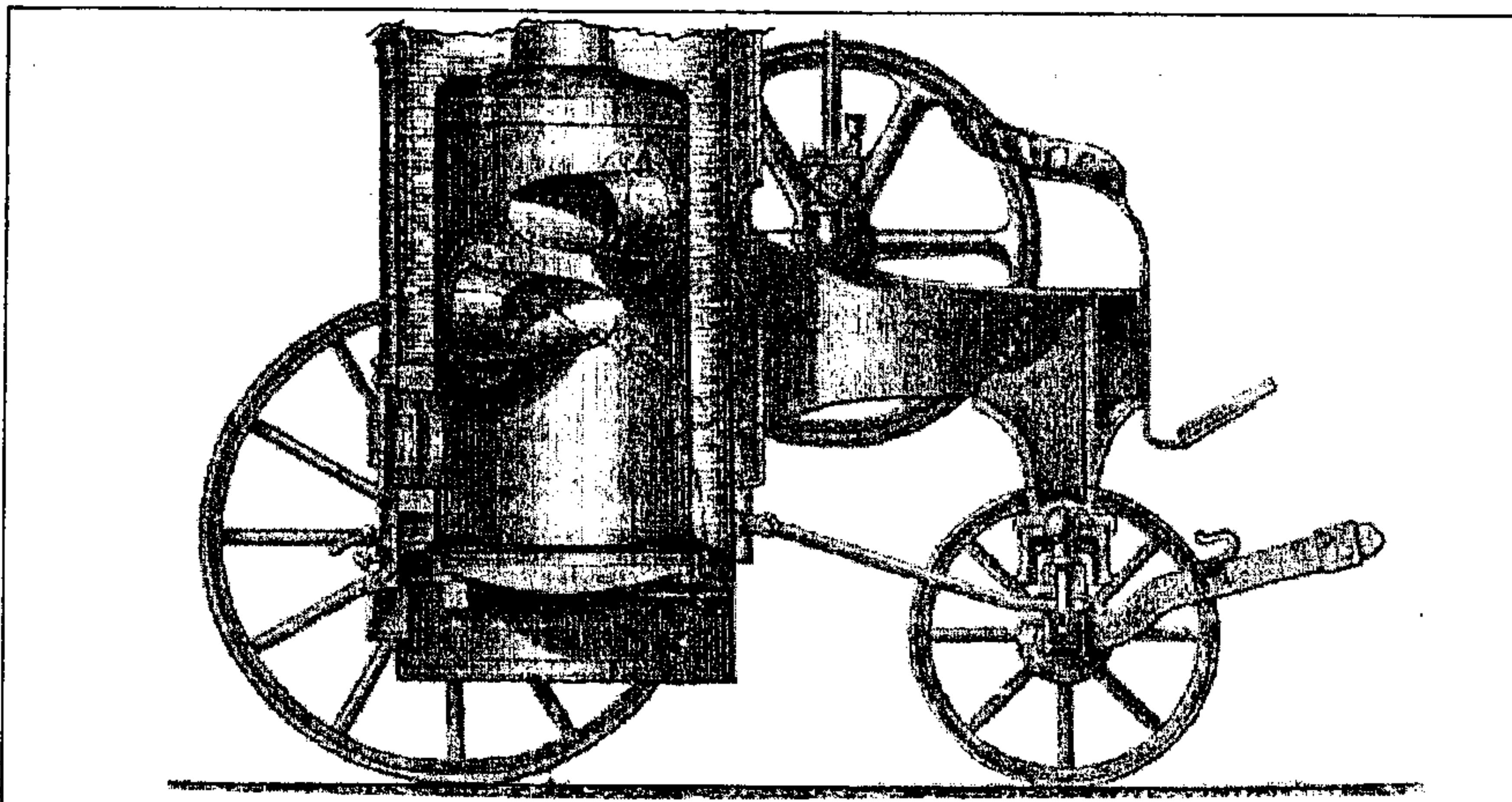


Bild 12.2.3/2: Gegossenes Untergestell einer kleinen Lokomobile mit Rädern und Lenkung
(H. Lanz, um 1880)

Es gab diese Untergestelle auch als sehr leichte, einfach gebaute Profilkonstruktionen. Die einzelnen Teile waren vernietet. Die Lokomobilmaschine bei dieser Ausführung war am Kessel befestigt. Sehr leichte Ausführungen gab es auch mit drei Rädern. Die hinteren Räder trugen den Großteil des Gewichts von Kessel und Maschine, das Vorderrad war kleiner und in einer Gabel mit Lenkbolzen geführt.

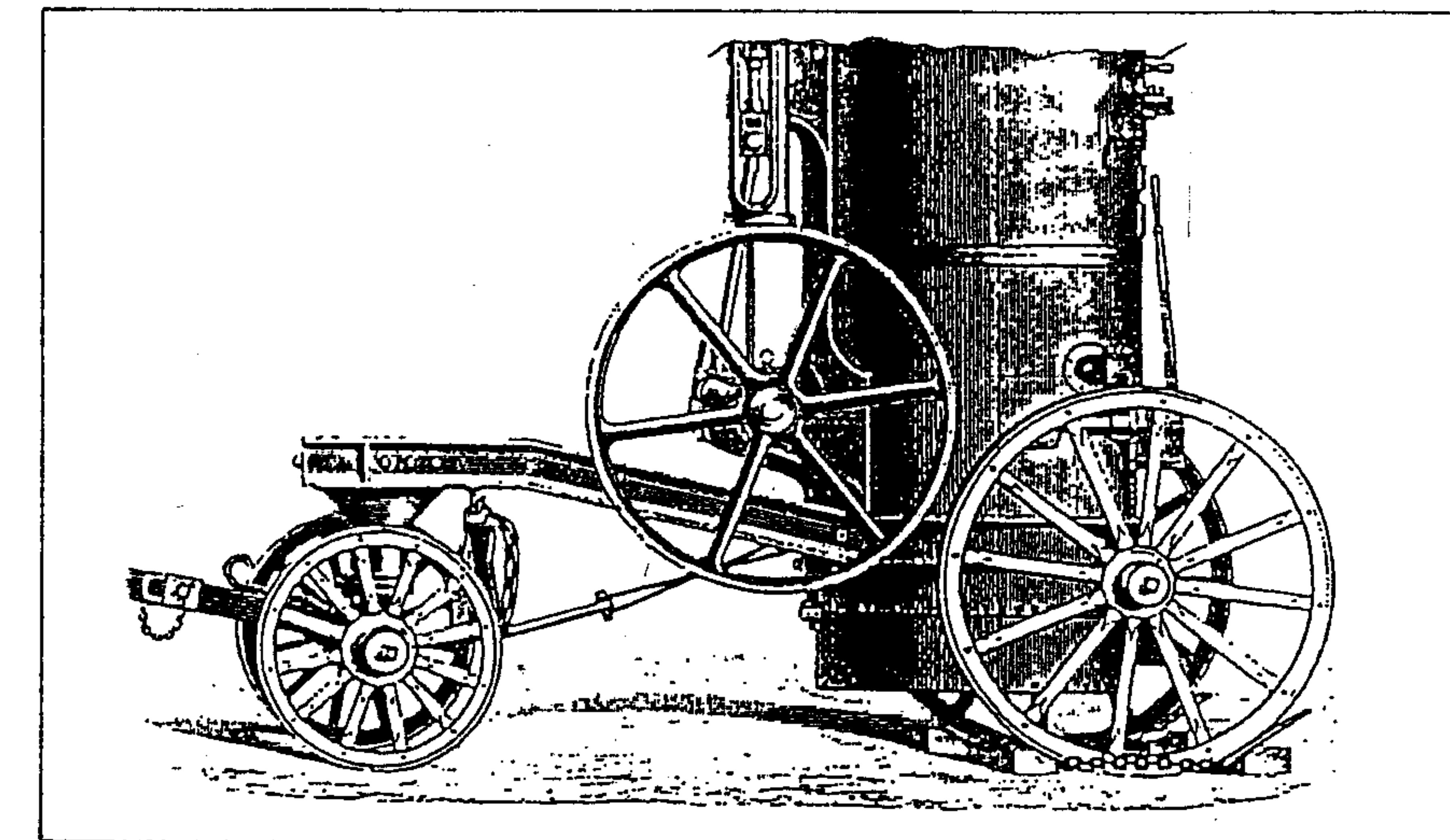


Bild 12.2.3/3: Leichtes, gebautes Untergestell mit eng gestellten Vorderrädern
(H. Lanz, um 1882)

Viele Hersteller von Kesseldampfmaschinen und Gewerbemotoren mit stehenden Kesseln boten für ihre „halbstationären“ Maschinen unterschiedliche Rädergestelle an. Sie konnten dann, wie übliche Lokomobilen, von einem Einsatzort zum andern gefahren werden. Zu dieser Gruppe „zweiachsiger Lokomobilen“ gehören auch Maschinen mit Rädergestellen für den Betrieb auf Schienen. Viele Handels- und Gewerbebetriebe besaßen für den innerbetrieblichen Transport von Materialien und Fertigprodukten ein eigenes Schienensystem. Meist ein Schmalspurssystem mit Spurweiten, die von den Kleinbahnen übernommen waren. Es lag also nahe, dieses Gleissystem auch für die Ortsveränderung von Kraftmaschinen zu nutzen. Die Rädergestelle für diese Maschinen waren sehr einfach gehalten. Starre Achsen und Räder mit üblichen Spurkränzen wurden unter einer passenden Grundplatte gelagert. Das Verschieben erfolgte meist durch Personenkraft. Mit Hemmschuhen wurde die Maschine am neuen Einsatzort festgesetzt.

12.2.4 Untergestelle einachsiger Lokomobile

Diese Maschinen, überwiegend für kleine Leistungen gebaut, gab es mit liegenden oder mit stehenden Kesseln. Sie wurden einspannig gefahren. Die Gabeldeichsel war im Allgemeinen fest mit der Maschine verbunden (siehe Bild 12.2.1/3 und /5). Die Achslage musste so gewählt werden, dass unter allen Bedingungen eine leicht Last auf der Deichsel lag.

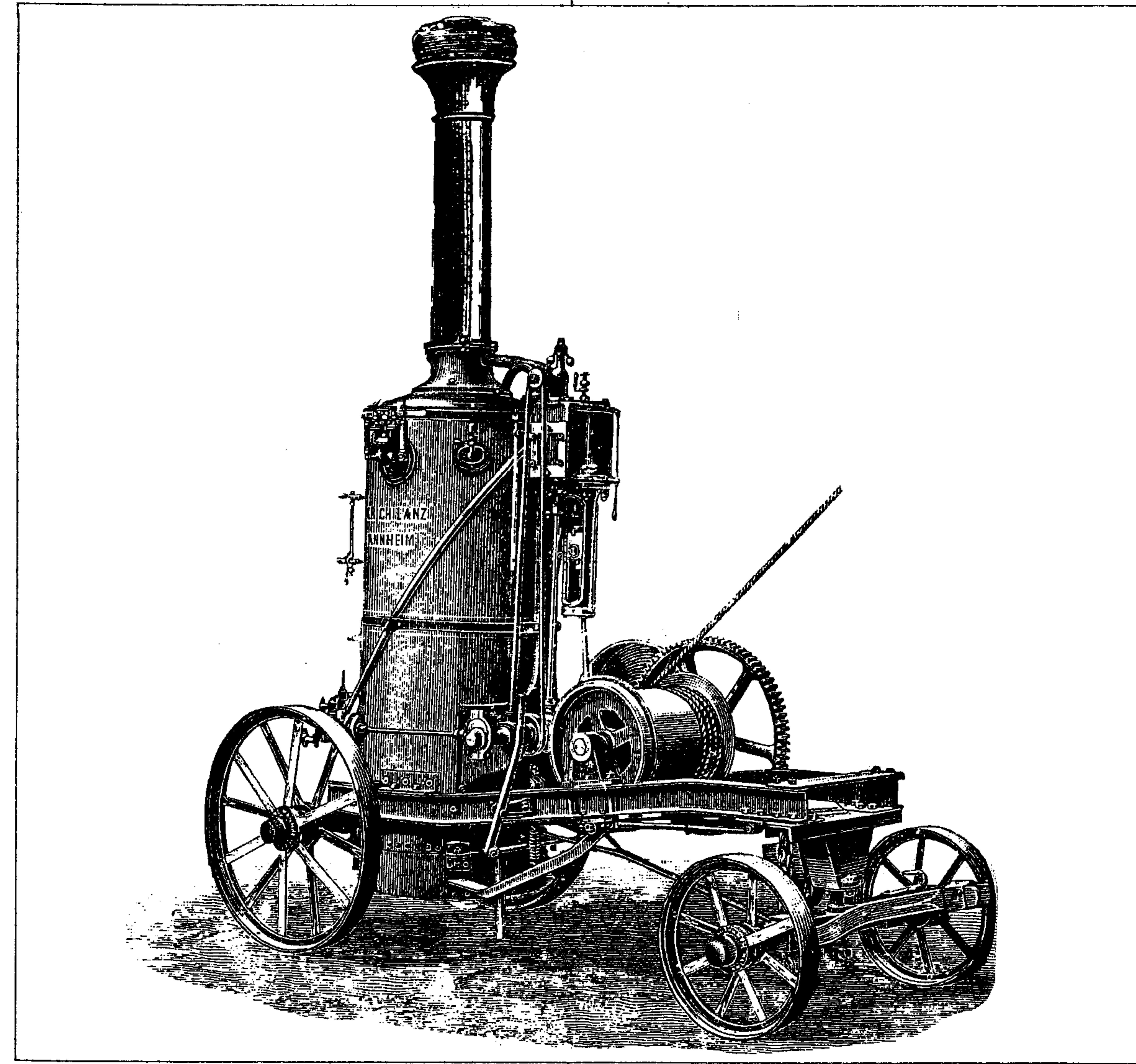


Bild 12.2.3/4: Lokomobile mit stehendem Kessel und Winde auf aus Profileisen gebautem Untergestell (H. Lanz, um 1906)

12.3 Untergestelle verfahrbbarer Lokomobile mit Sonderfunktionen

Üblicherweise verstand man unter diesen Maschinen solche, bei denen eine (oder mehrere) Arbeitsmaschinen in der Lokomobile „integriert“ waren. Kessel, Lokomobilmaschine und Arbeitsmaschine waren meist auf einem Grund- oder Untergestell angeordnet. Die Maschinen waren zweiachsig. Die starre hintere Achse trug die Hauptlast. Die hinteren Räder waren deutlich größer und breiter als die vorderen. Die Vorderachse war Lenkachse. Entsprechend der Anzahl der Arbeitsmaschinen gab es eine kaum zu überblickende Anzahl an Varianten bei den Untergestellen. Die gesamte Maschinengruppe wird später im Einzelnen behandelt. Zwei Beispiele kompletter Maschinen mögen daher zur Veranschaulichung reichen.

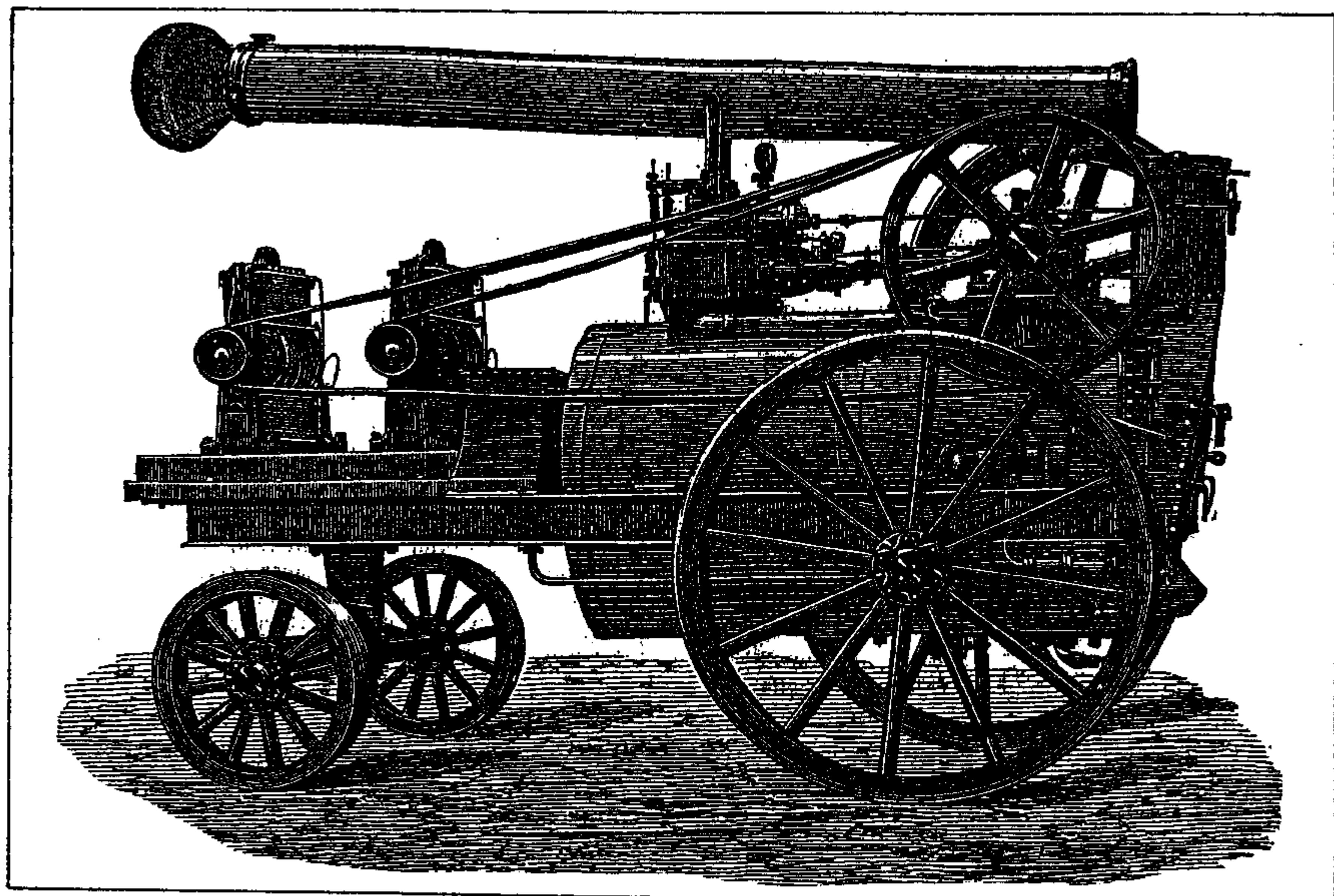


Bild 12.3/1: Lokomobile mit Dynamomaschinen (R. Wolf, 1887)

Preislisten und
Kostenanschläge
auf Wunsch
gratis.

Eugen Klotz
Maschinenfabrik
in Stuttgart

Specialität in Luftpumpen und Einrichtungen zur geruchlosen und vollständigen Entleerung der Abtrittgruben und Abfuhr der Fäkalien für Dampf- und Handbetrieb nach . . . neuestem bewährten System . . .

A historical advertisement for Eugen Klotz's machine factory in Stuttgart. The central image shows a steam-powered traction engine with an integrated air pump system. The text on the left offers price lists and cost estimates upon request. The main title reads "Eugen Klotz Maschinenfabrik in Stuttgart". Below it, a descriptive paragraph highlights the company's specialty in air pumps and their use for the odorless and complete emptying of latrines and the removal of feces for steam and hand operation according to the latest proven system.

Bild 12.3/2: Lokomobile mit Luftpumpe
(Werbeanzeige der Maschinenfabrik Eugen Klotz, um 1890)

12.4 Untergestelle verschiebbarer oder versetzbarer Lokomobilen

12.4.1 Bemerkung

Die ursprünglichste Art, den Einsatzort einer Einrichtung zu wechseln, war die mit Hilfe von Schleifen und Schlitten. Die Einrichtung, beispielsweise eine Kraftmaschine, wurde dabei auf ein Kufengestell gesetzt oder mit einem Kufengestell versehen und gezogen. Wurde auf Wegen oder im Gelände gezogen, nannte man das Kufengestell eine „Schleife“, wurde auf Schnee oder Eis gezogen, bezeichnete man es als „Schlitten“. Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich nur auf Lokomobilen mit liegendem Kessel. Ortsveränderliche Kraftmaschinen mit stehenden Kesseln sind beim Transport über kurze Strecken auf einfache Rädergestelle gesetzt worden und beim Transport über größere Entfernung auf Schwerlastwagen. Ein Verschieben kam durch den hohen Schwerpunkt nicht in Betracht.

Der Bewegungswiderstand bei „Schleifen“ war immens. Es konnten nur kurze Strecken meist mit einer Vielzahl an Zugtieren zurückgelegt werden. Bei kleineren Maschinen reichte auch die Handkraft. Mit Hilfe von langen Hebeln wurde Stück für Stück versetzt. Wenn der Bewegungswiderstand zu groß wurde, legte man Rollhölzer unter. Das reduzierte den Bewegungswiderstand erheblich, insbesondere wenn der Boden fest und eben war. Trotzdem war die Arbeit des Verschiebens extrem aufwendig und langwierig.

Anders war die Situation beim Ziehen von „Schlitten“. Der Transport von Materialien und Gütern auf Schlitten mit Kufengestellen war bei entsprechenden Bedingungen üblich. Wenn der Einsatzort im Winter gewechselt werden musste, kamen die üblichen Rädergestelle und Schwerlastwagen schnell an ihre Grenzen. Auch der Transport von Halblokobilen wurde im Bedarfsfall mit Schlitten durchgeführt. Dabei gab es zwei Möglichkeiten, entweder man setzte die Maschine auf einen Lastenschlitten oder man baute ein Kufengestell unter die Lokomobile. Generell kann man festhalten, dass bei den seltenen Wechselseiten des Einsatzortes bei Halblokobilen (oder auch beim Transport zum ersten Einsatzort) transporttechnisch alles gemacht wurde, was möglich war. Man verstand sich zu helfen und improvisierte. Es sei daran erinnert, dass es eine Reihe von dampfgetriebenen Zugmaschinen und Sondermaschinen gab, die speziell auf den Winterbetrieb bei Eis und Schnee ausgelegt waren.



Bild 12.4.1/1: Dampfschlepper mit Antriebsraupen und Lenkkufen beim Ziehen von Lastschlitten (Holztransport, um 1900)

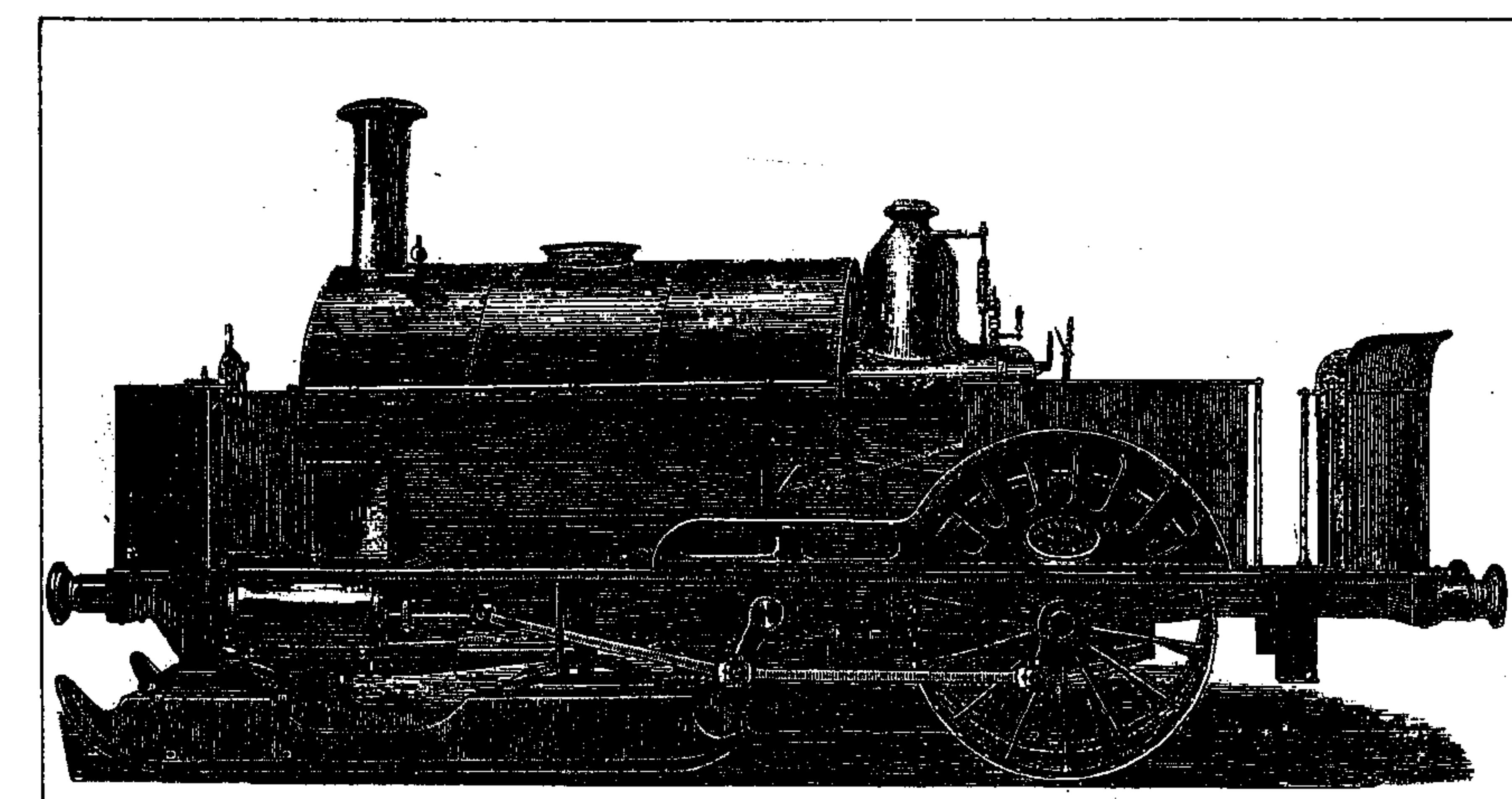


Bild 12.4.1/2: „Eislokomotive“ mit Kufen zum Ziehen von Lastschlitten auf dem Eis

12.4.2 Untergestelle verschiebbarer Lokomobilen

Kennzeichnend für diese Untergestelle waren die unter der Maschine längs durchgehenden, tragenden Elemente. Sie bestanden in der Regel aus stabilen hölzernen Balken. Diese Kufen waren vorne abgerundet oder hochgezogen. Beschlag war unüblich. Die Kufen wurden nur für den Transport eingerichtet, meist waren sie an den Tragfüßen oder Tragrahmen der Lokomobile angeschraubt. Am neuen Einsatzort der Maschine wurden sie entfernt und die Maschine auf den Tragfüßen bzw. Tragrahmen ausgerichtet.

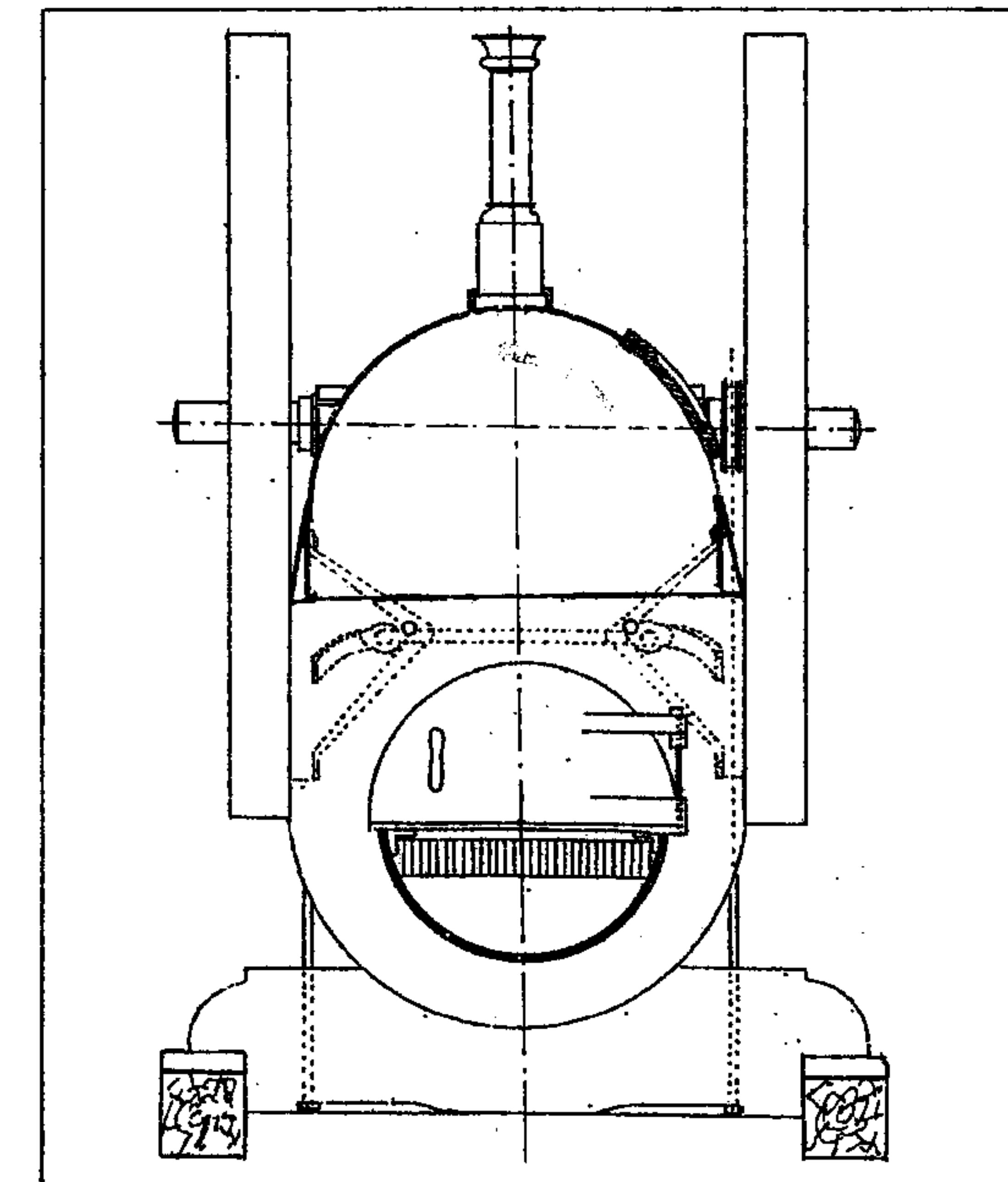
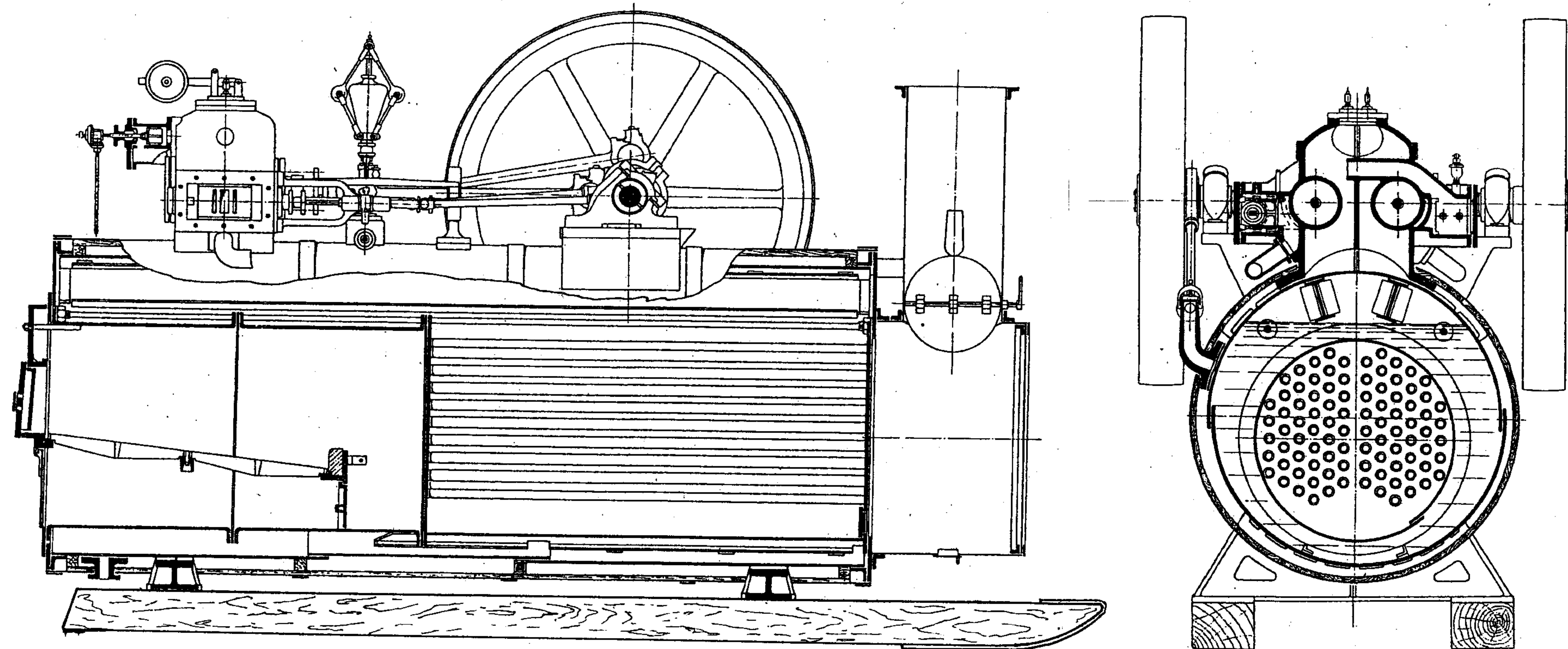


Bild 12.4.2/1:
Kufengestell einer Lokomobile,
Vorderansicht
(um 1860)



Tafel 12.4.2/1: Untergestell einer verschiebbaren
Halblokomobile mit Kufengestell
(Hersteller: R. Wolf, um 1906)

12.4.3 Untergestelle versetzbarer Lokomobile

Versetzbare Lokomobile konnten ohne Fundamente an beliebigen Orten aufgestellt werden. Die Ausführungen der Untergestelle waren stark von der Bauart der Halblokomobile abhängig. Sie wurden in vielen Fällen auch an die Situation am Einsatzort angepasst. Üblich waren bei kleineren Maschinen einzelne Stützelemente in Form von seitlichen Füßen oder Stützen. Einige Maschinen besaßen auch unter der Maschine umlaufende Rahmengestelle. Völlig anders war die Situation bei großen Maschinen. Die Möglichkeit, die Maschine zu versetzen, wurde im Verlauf der Entwicklung aufgegeben. Die Lokomobile erhielten Fundamente oder gemauerte Sockel. Bei einigen waren auch Bereiche unterhalb des Flurniveaus notwendig. Mit der Steigerung der Maschinenleistungen wurden die Maschinen so schwer, dass ohne Demontage ein Versetzen unmöglich wurde.

Bei kleineren Lokomobilen mit kastenförmiger Feuerbüchse und liegendem Zylinderkessel reichten im Allgemeinen zwei Auflagebereiche. Bei ebenem Boden stand die Maschine hinten auf dem verstärkten Aschekasten oder einem flachen gusseisernen Sockel und vorne auf einer Stütze. Sie war meist mehrteilig und bestand ebenfalls aus Gussteilen. Die Feuerbüchsenseite war das Festlager. Im folgenden Bild ist die Aufstellung dargestellt. Ein gusseiserner Sockel stützt die Feuerbüchse, eine gusseiserne Abstützung stützt den Kessel vorne ab.

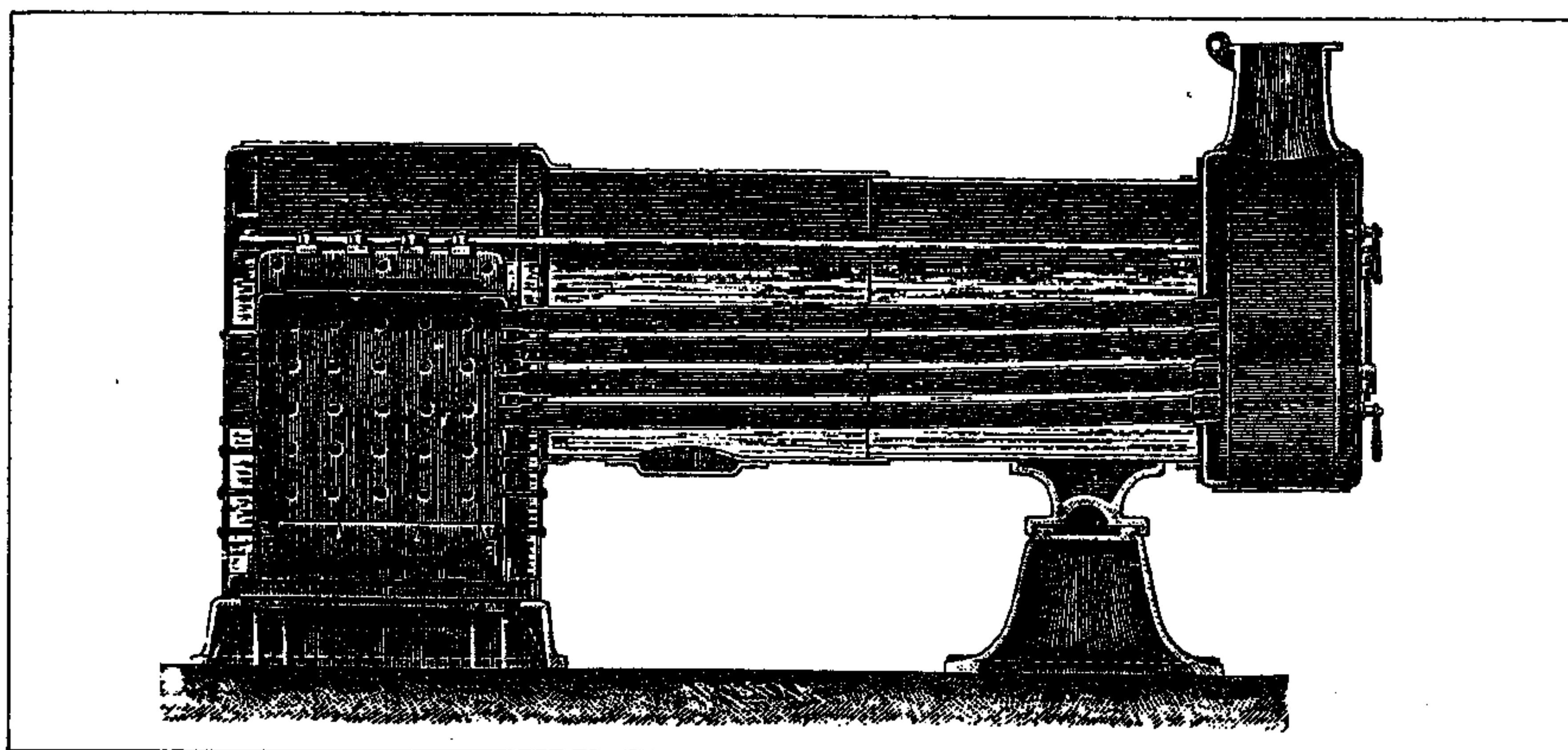


Bild 12.4.3/1: Aufstellung einer Halblokomobile (H. Lanz, um 1890)

Der Kessel dehnte sich im Betrieb aus. Bei größeren Maschinen vermied man Spannungen im Kessel durch Stützen mit Längenausgleich. Die einzelnen Teile konnten beispielsweise durch Rollen gelagert sein. Sie waren horizontal leicht verschiebbar. Die Tafel 12.4.3/1 zeigt einige Ausführungen von vorderen Stützen. Zum einen Zeichnungen einiger fester Stützen sowie die Zeichnung einer Stütze mit Ausgleich unterschiedlichen Wärmedehnungen zwischen Kessel und Boden durch Rollenlagerung.

Bei Lokomobilen mit zylindrischen Feuerbüchsen waren die Unterschiede im Durchmesser von Feuerbüchse und Zylinderkessel nicht sehr groß. Der gesamte Kessel musste aber einen gewissen Abstand vom Boden haben, da einige Ablassarmaturen an den tiefsten Stellen des Kessels angebracht sein mussten und ein freier Zugang zu den Abflusshähnen, Schlammablässen u.ä. notwendig war. Zur Abstützung gab es zwei Möglichkeiten. Man setzte die Abstützungen hoch am Kessel, etwas unterhalb der Mitte, mit großer Weite an. Die Auflage war breit und stabil. Allerdings waren vier gemauerte Sockel erforderlich, um an die meist direkt am Kessel angenieteten Auflager zu gelangen. Da die Höhe der Sockel frei gewählt werden konnte, war die Zugänglichkeit unter dem Kessel kein Problem.

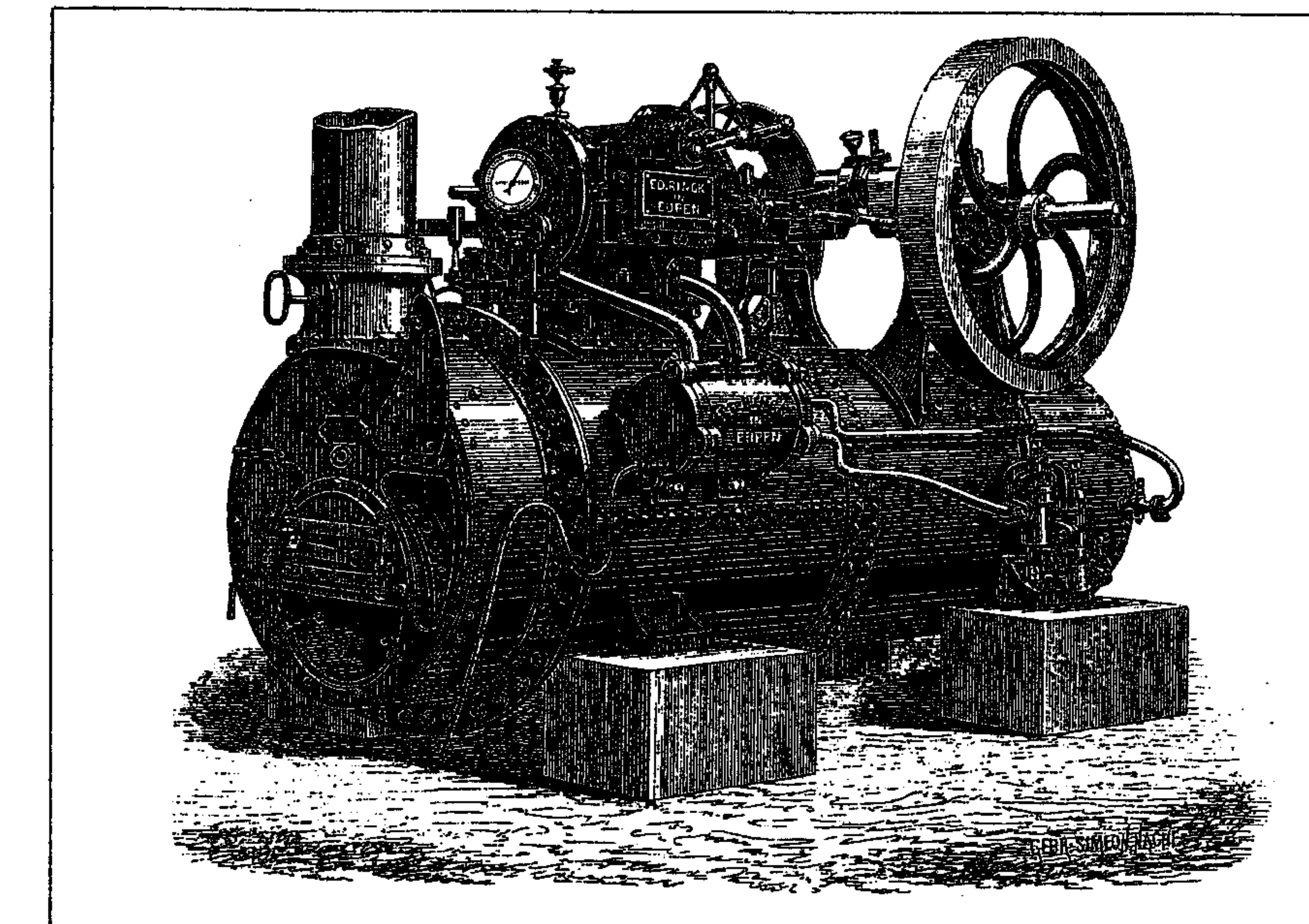


Bild 12.4.3/2: Aufstellung einer Halblokomobile auf flachen Stützen und gemauertem Sockel

Die andere Variante bestand darin, die angenieteten Stützen, im Allgemeinen vier, höher zu bauen. Ein Sockel war dabei nicht erforderlich. Die Auflager mussten eine möglichst große Stützweite besitzen. Die Stöße und Schwingungen der Maschine mussten sicher aufgenommen werden können.

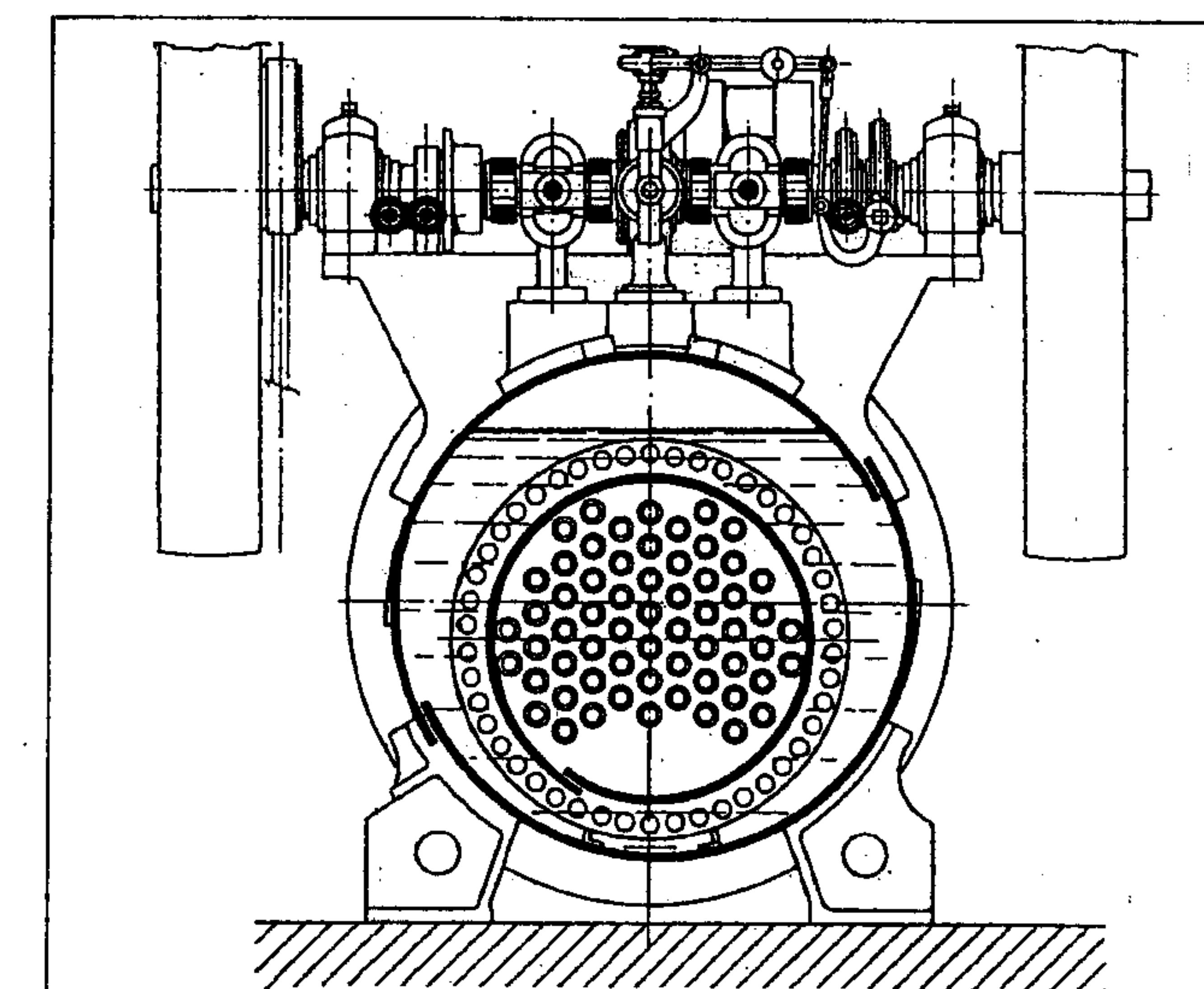



Bild 12.4.3/3:
Aufstellung einer
Halblokomobile auf
hohen Stützen
auf dem Boden



Tafel 12.4.3/1: Vordere Stützen
großer Halbblokomobilen
(Hersteller: R. Wolf, um 1906)

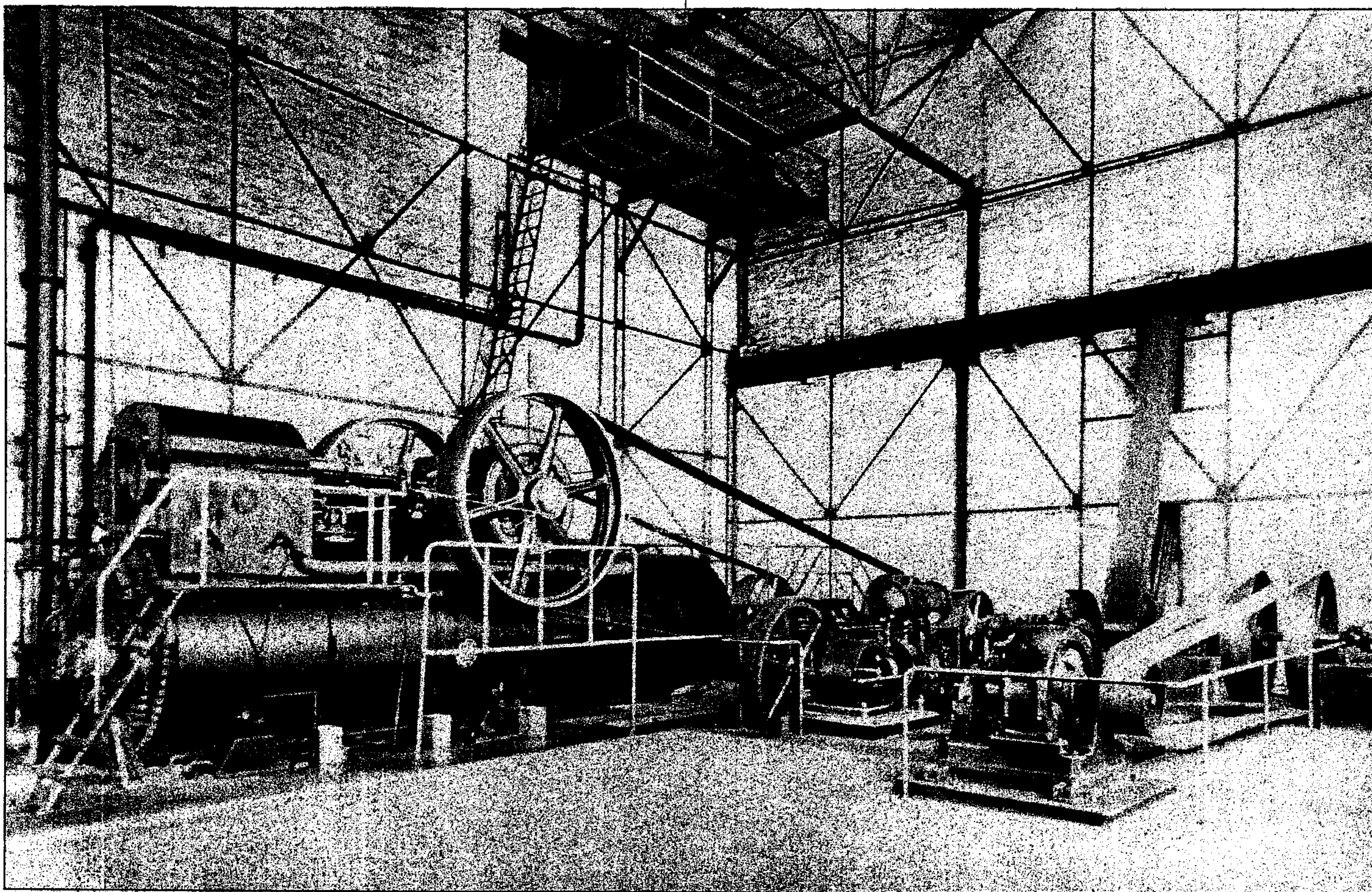


Bild 12.4.3/4: Aufstellung einer großen Halblokobile auf sechs hohen Stützen
(Heißdampf-Verbund-Lokomobile von 400 PS der R. Wolf AG, um 1920)

13. ABDAMPFKONDENSATION

13.1 Bemerkung

Kondensation ist ein Vorgang, bei dem Dampf bei Veränderung äußerer Bedingungen in den flüssigen Zustand übergehen. Dieser Übergang in den flüssigen Zustand kann durch eine Abkühlung, eine Druckänderung oder einer Kombination aus beidem erreicht werden. Sinkt beispielsweise die Wandtemperatur unter die Sättigungsgrenze eines die Wand berührenden Dampfes, dann beginnt erfahrungsgemäß der Dampf als Flüssigkeitsfilm oder tropfenförmig zu kondensieren. Bei dem Übergang von der gasförmigen in die flüssige Phase nimmt das Volumen stark ab. In abgeschlossenen Räumen entsteht dadurch ein Unterdruck.

Die Nutzung der Kondensation des Dampfes zur Erzeugung von Wirkbewegungen war schon lange vor der Erfindung der Dampfmaschine bekannt. Auch die ersten „Dampfmaschinen“, die noch nach dem „atmosphärischen Prinzip“ gearbeitet haben, erzeugten ihre Leistungen mit Hilfe der Kondensation des Dampfes. Im Zylinder wurde durch äußere Abkühlung oder Einspritzung von kaltem Dampf kondensiert. Es entstand im luftdicht abgeschlossenen Zylinder ein Vakuum. Der äußere Luftdruck bewegte den Kolben, der eine gewisse Nutzarbeit verrichten konnte. Auch die in den 1770er Jahren in England durch Watt entwickelten Balanciermaschinen zur Wasserhaltung in Bergwerken, die nicht mehr atmosphärisch arbeiteten, sondern mit leichtem Überdruck, besaßen eine Kondensation. Der Dampf wurde außerhalb des Zylinders, in einem unter Unterdruck stehendem Gefäß kondensiert.

Bei Dampfmaschinen aller Art und den Lokomobilen wird durch die Kondensation hinter dem Kolben, an der Abdampfseite, ein „Vakuum“ erzeugt. Der nutzbare Kolbenüberdruck ist demzufolge entsprechend größer als bei Auspuffmaschinen. Die prinzipielle Wirkungsweise der Kondensation ist in den nachfolgenden Dampfdiagrammen erkennbar. Die schraffierte Fläche (Arbeitsfläche) entspricht bekanntlich dem Arbeitsvermögen (indizierte Leistung). In den ersten beiden Diagrammen sind die Verhältnisse für Auspuff- und Kondensatorbetrieb bei gleicher Füllung h dargestellt. Die Entspannung w bleibt ebenfalls auf gleichem Niveau. Die Mehrleistung ist im Größenvergleich der schraffierten Flächen unmittelbar erkennbar.

In den beiden anderen Dampfdiagrammen sind die Verhältnisse bei gleicher Leistung gezeichnet. Die schraffierten Flächen in den Diagrammen sind gleich. Die Füllung h kann bei gleicher Leistung weit zurück genommen werden. Die Entspannung w ebenfalls. Der Dampfverbrauch sinkt. Der primäre Nutzen der Kondensation liegt nicht in einem Mehr an Leistung, sondern in einem geringeren Verbrauch an Dampf und Brennmaterial.

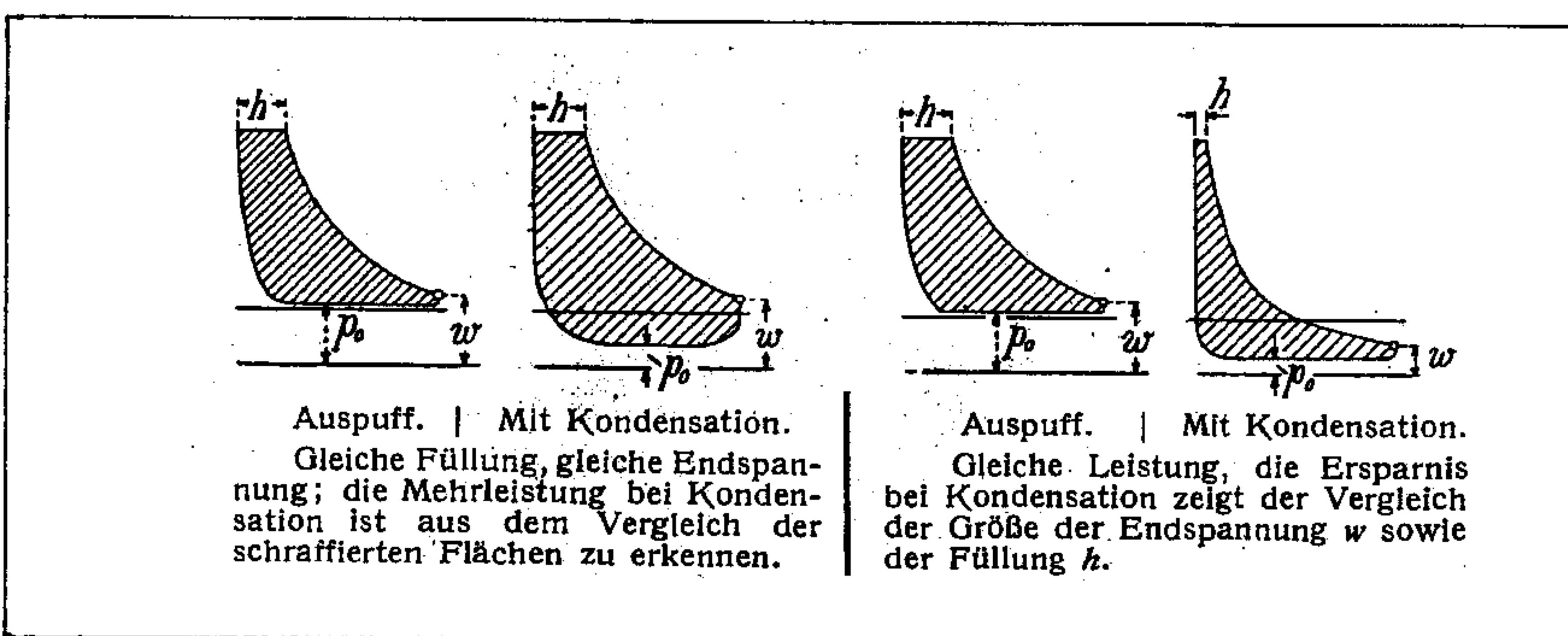


Bild 13.1/1: Dampfdiagramme für Auspuffbetrieb und Kondensation

Zur Kondensation sind, je nach eingesetztem Verfahren, mehr oder weniger umfangreiche Einrichtungen erforderlich. Im Regelfall ein Kondensator oder Kondensationsbehälter, Pumpen mit Antrieben, Leitungen, Ventile etc. Bei Lokomobilen und anderen dampfgetriebenen Kraftmaschinen sind Kondensatoren bei zwei Maschinengruppen eingesetzt worden. Bei Halblokomobilen, insbesondere bei größeren Maschinen, war eine Kondensation üblich. Diese Halblokomobile standen in unmittelbarem Wettbewerb mit stationären Dampfanlagen und im 20. Jahrhundert auch zunehmend mit den Verbrennungskraftmaschinen. Es musste jede Möglichkeit genutzt werden, die Wirtschaftlichkeit der Maschinen verbessern. Die Kondensation war eine der effektivsten. Halblokomobile zählen zu den ortswanderlichen Kraftmaschinen. Sie konnten mit entsprechenden Einrichtungen zum nächsten Einsatzort gebracht werden. Diese Eigenschaft ging bei den meisten Kondensationsmaschinen verloren. Zur Unterbringung der Kondensationseinrichtungen waren im Allgemeinen Fundamentierungen und Gruben unter dem Maschinenniveau notwendig.

Die zweite Maschinengruppe, bei der die Kondensation eingesetzt wurde, waren ortswanderliche Kraftmaschinen kleiner Leistung (Gewerbemotoren, Hausmaschinen etc.). Allerdings war der Grund für den Einsatz ein völlig anderer. Die Wirtschaftlichkeit spielte keine entscheidende Rolle, die Maschinen sollten mit einem bestimmten Vorrat an Speisewasser möglichst lange ohne Eingriff einer Arbeitsperson laufen. Das Kondensat wurde nach der Entölung dem Speisewasser wieder zugeführt. Da im Allgemeinen kein versiertes Bedienpersonal vorhanden war und der Betrieb in geschlossenen Räumen abließ, mussten diese Maschinen quasi ohne Aufsicht sicher arbeiten.

Bei verfahrbaren Lokomobilen sind Einrichtungen zur Kondensation nicht zum Einsatz gekommen. Sie waren zu groß, zu teuer, unter den Einsatzverhältnissen zu empfindlich und zu umständlich zu handhaben. Die erreichbaren Verbesserungen lohnten den Aufwand nicht.

13.2 Wirkungsweise der Kondensation

Der prinzipielle Nutzeffekt bei der Kondensation wurde schon im Bild 13.1/1 dargestellt. Der genaue Ablauf lässt sich am einfachsten am Dampfdiagramm einer Auspuffmaschine erläutern. Die schraffierte Fläche ist die vom Kolben geleistete Arbeit. Beim Rückgang des Kolbens wirkt auf diesen ein Druck, der durch die unvermeidlichen Strömungswiderstände beim Ausstoßen des Dampfes geringfügig über der atmosphärischen Null-Linie liegt. Wenn es gelingt, den beim Rückgang des Kolbens wirkenden Druck zu verringern, so kann man beispielsweise eine gleichgroße Arbeitsfläche wie beim Auspuffbetrieb erhalten, wenn man die Füllung weit geringer einstellt. Das bedeutet, dass mit weniger Dampf (gleichbedeutend mit weniger Brennmaterial) die gleiche Arbeit geleistet werden kann. Die unterste Grenze für den Druck an der Auspuffseite ist theoretisch die Linie mit dem Druck gleich Null, das entspricht einem Vakuum. In der Praxis kann der notwendige Unterdruck nur Werte etwas über dieser Linie erreichen.

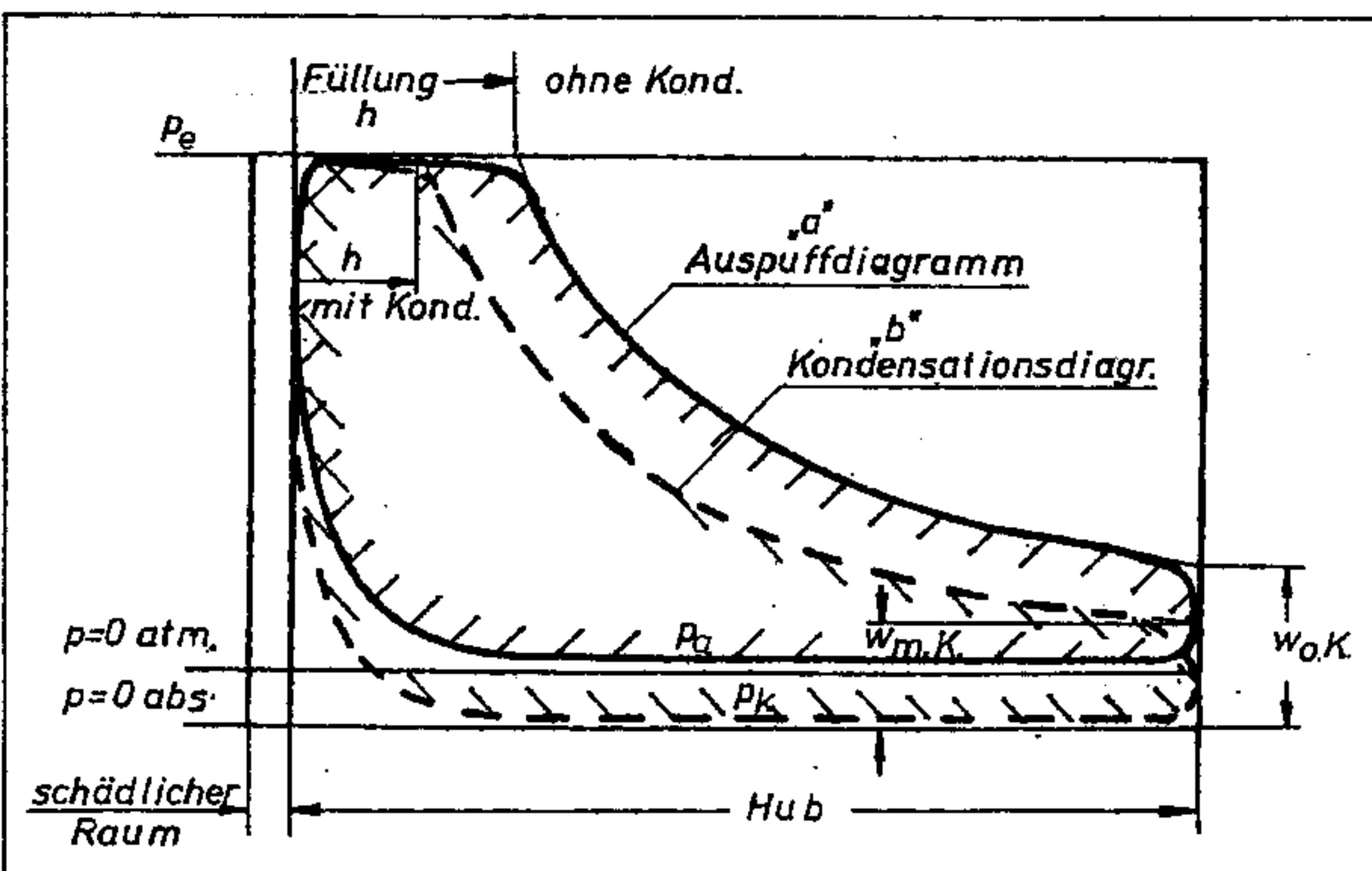


Bild 13.2/1:
Dampfdiagramm einer
Maschine gleicher Leistung
„a“ Auspuffbetrieb und
„b“ Kondensation

Der Unterdruck wurde erzeugt, indem man den Dampf in einen gekühlten Raum einströmen lies. Der Dampf kondensierte. Es entstand ein Druckabfall, da das kondensierte Wasser einen sehr viel kleineren Raum einnahm als der Dampf. Der Raum, in dem der Niederschlag des Dampfes stattfand, nannte man im engeren Sinne den Kondensator. Die Verlagerung der Ausströmlinie nach unten in Richtung eines geringeren Drucks ging mit einer Verringerung der Dampftemperatur einher, das Wärmegefälle am Zylinder wurde größer. Das konnte zu vermehrten Dampfverlusten an schädlichen Flächen führen. Abhilfe schaffte das Druck- und damit das Wärmegefälle auf mehrere Zylinder zu verteilen. Daher wurde die Kondensation oft bei Verbundmaschinen eingesetzt, die zusätzlich mit überhitztem Dampf betrieben wurden.

Für den absoluten Druck im Kondensator gab es eine wirtschaftlich sinnvolle Grenze. Je nach Art und technischem Stand der Einrichtungen lag der absolute Druck bei

- Einzylinermaschinen um 0,18 at(abs.),
- Zweifachexpansions-Maschinen um 0,14 at (abs.),
- Dreifachexpansions-Maschinen um 0,1 at(abs.).

Bei gleicher Leistung und guter Auslegung lag der wirtschaftliche Nutzen der Kondensation bei einer Dampfersparnis von bis zu 30 %. Der Effekt war stark vom Eingangsdruck des Dampfes am Zylinder abhängig. In der folgenden Tabelle sind die Werte für Einzyliner- und Verbundmaschinen aufgeführt. Die Werte in Klammern zeigen die Grenzen, die mit wirtschaftlich gut vertretbarem Aufwand erreichbar sind.

Max. Dampfersparnisse, gegenüber Auspuff, in Prozenten

() mit normaler Belastung

Eintrittssp. $\mu =$	4	5	6	7	8	10	12	14 kg/qcm	
Einzylinerdm. „wirtschaftl.“	30% (20%)	28% (20%)	25% (18%)	22% (16%)	20% (13%)	17% (11%)	14% (9%)	12% (7%)	
Verbunddm. „wirtschaftl.“					30% (24%)	28% (22%)	25% (19%)	22% (16%)	18% (14%)

Bild 13.2/2: Dampfersparnis in Abhängigkeit vom Zylinder-Eingangsdruck

Die Ersparnis an Brennmaterial war etwas geringer. Sie lag um 2 bis 3 % unter den oben angegebenen Werten. Es war zu beachten, dass die zum Betrieb der Kondensationsanlage notwendigen Einrichtungen Antriebsenergie benötigten und in den Einrichtungen Strömungsverluste auftraten. Diese Faktoren reduzierten den theoretischen Nutzeffekt.

Als Kühlmittel für den Dampf kamen bei Lokomobilen nur Wasser in Frage. In Abhängigkeit davon, ob der Dampf unmittelbar mit dem Wasser in Berührung kam und sich vermischt oder ob Dampf und Wasser in getrennte Bereiche geleitet werden und die Kühlung durch trennende Wände hindurch erfolgte, unterscheidet man die:

- Mischkondensation (im Gleich- oder Gegenstrom) und
- Oberflächenkondensation.

Bei der Kondensation fällt Luft und erwärmtes Wasser an. Diese Kondensationsergebnisse müssen abgeführt werden. Dazu dienen z.B. getrennte Pumpen oder sogenannte „nasse Luftpumpen“. Die folgende Skizze einer Mischkondensation im Gegenstrom zeigt das Prinzip. K ist der Kondensator. Der Dampf tritt unten bei A ein. Die „Luft“ wird bei C abgesaugt. Das ist der Bereich, wo es wegen des dort eintretenden Frischwassers am kühlsamen ist. Dort ist auch der Druck im Kondensator am niedrigsten, und zwar nahe dem der Kühlwassertemperatur entsprechendem. LP ist die entsprechende Luftpumpe, die den Druck im Kondensator auf einem niedrigen Niveau hält. Bei D tritt das erwärmte Wasser aus. Im gezeichneten Fall über ein barometrisches Fallrohr. Die Höhe der Wassersäule h ist etwas größer als die dem Atmosphärendruck entsprechende.

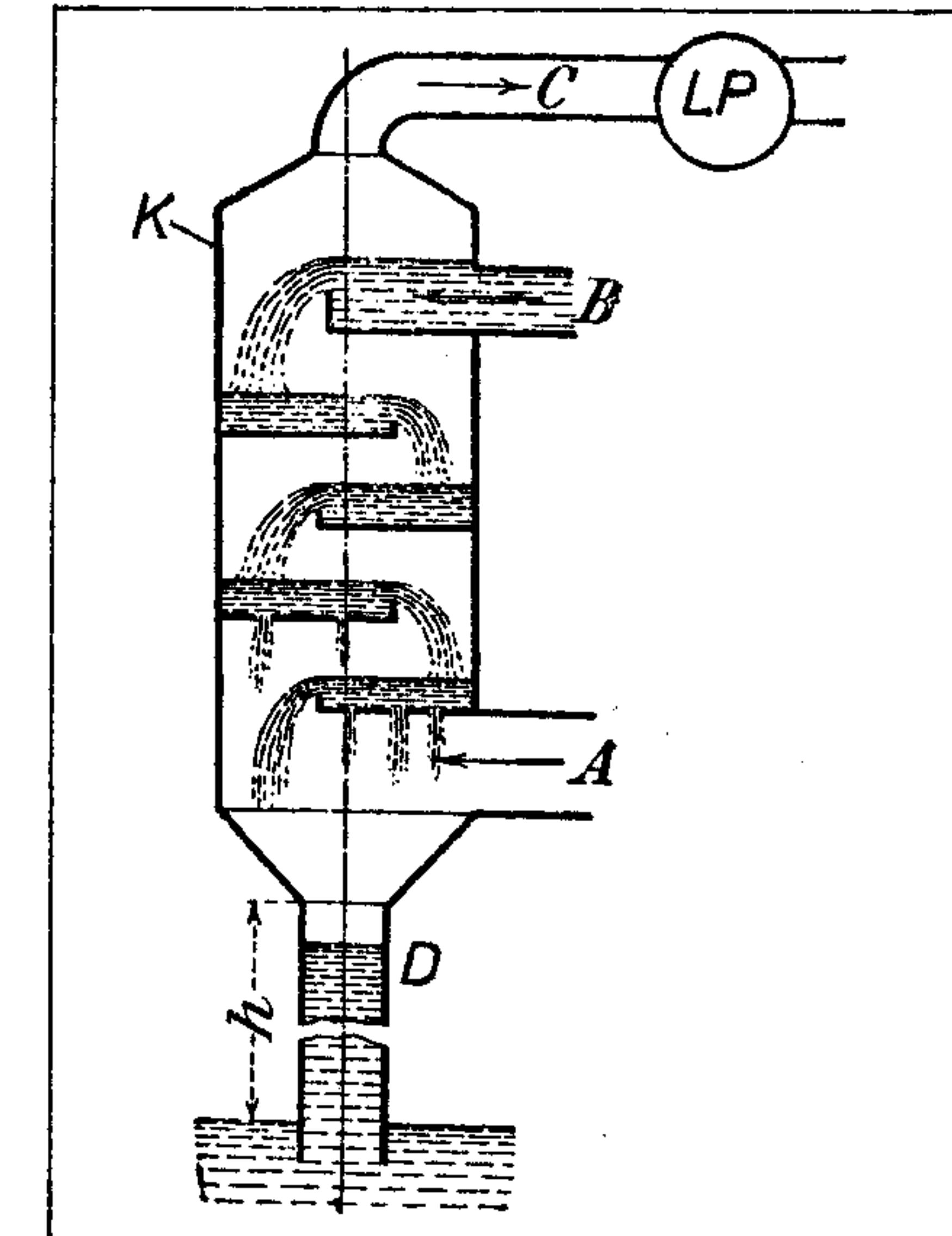


Bild 13.2/3:
Prinzip einer
Gegenstrom-Mischkondensation
(stark vereinfacht)

13.3 Kondensation bei Lokomobilen

1. Mischkondensation

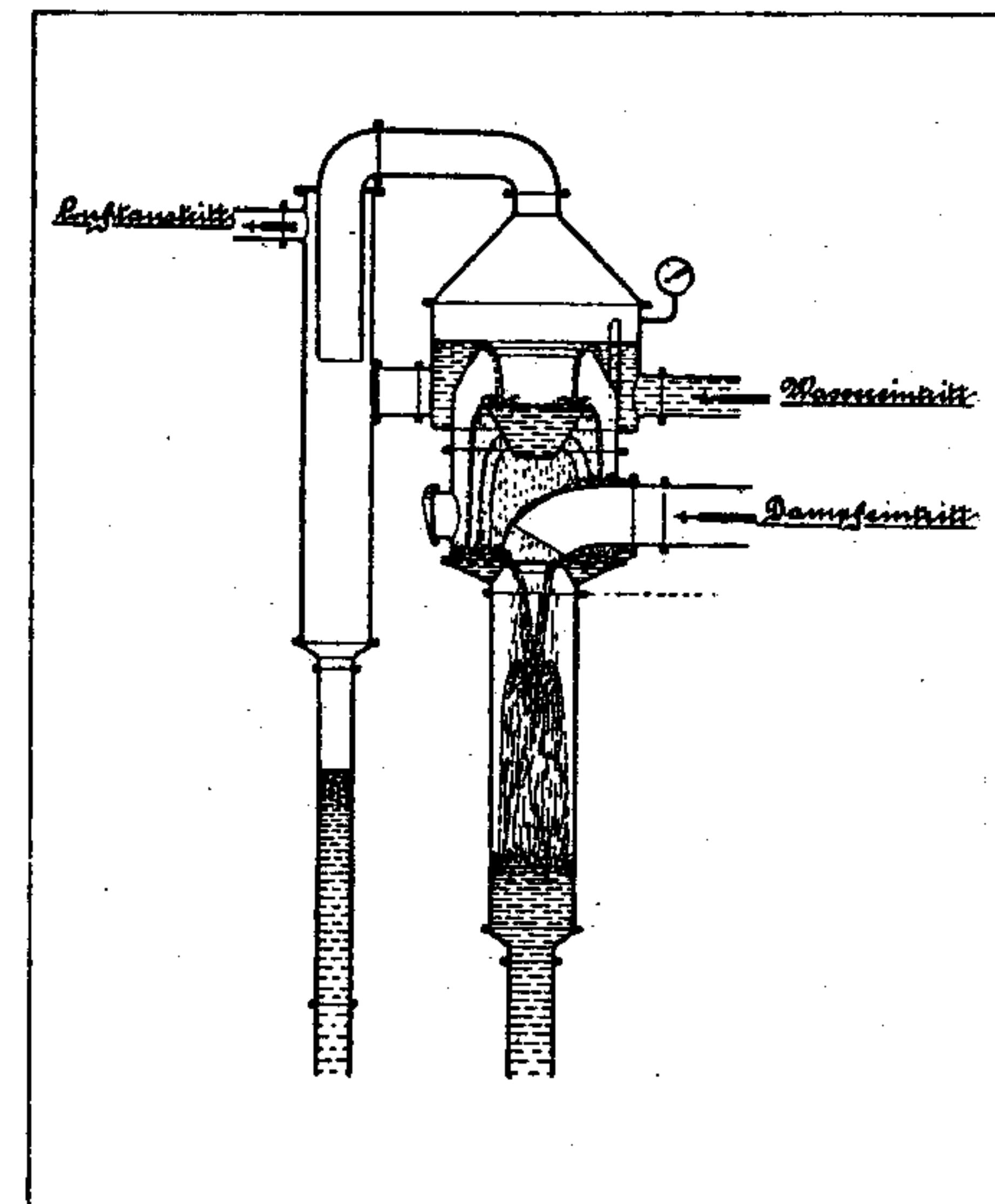
Bei der Mischkondensation trat das Kühlwasser im Kondensator unmittelbar mit dem Dampf in Berührung. Das Wasser wurde gewöhnlich durch den Überdruck der Atmosphäre selbsttätig in den Kondensator gedrückt und durch geeignete Düsen, Brausen etc. möglichst gleichmäßig verteilt.

Gleichstromkondensation (Gleichstrom-Mischkondensation)

Der Warmwasserfluss und das Luft-Dampf-Gemisch strömen immer in gleicher Richtung. Bei geringer Saughöhe reicht der atmosphärische Druck zur Förderung des Kühlwassers in den Kondensator aus. Die Saughöhe durfte nicht mehr als 5 m (maximal 7 m) betragen. Je größer die Saughöhe, umso mehr Probleme bereitet das Anfahren. In der Anlaufperiode zog der Kondensator dann „schwer an“. Ggf. musste eine gesonderte Druckwasserleitung angelegt werden. Die Kühlwassermenge konnte durch ein Ventil oder einen Hahn nach Bedarf eingestellt werden. Eine Brause, Überfälle, Siebkegel oder ein Düsenkopf verteilte das Wasser fein im Inneren des Kondensators.

Wasser, Dampf und die immer vorhandenen Lustreste bewegten sich meist im Parallelstrom. Eine sogenannte „Naßluftpumpe“ saugt das Mediengemisch ab und beförderte es weiter. Die Kühlwassermengen bei der Parallelstrom-Kondensation waren hoch. Um 1 kg Dampf zu kondensieren benötigte man 25 bis 30 kg Kühlwasser, bei warmem Kühlwasser bis zu 40 kg. Die Kondensatortemperatur (Mischungstemperatur) lag gewöhnlich zwischen 30 und 40° C.

Bild 13.3/1:
Prinzip der
Einspritzkondensation
Patent Schmidt
(Maschinenfabrik von
Gustav Brinkmann & Co, 1906)



Gegenstrom-Kondensation (Gegenstrom-Mischkondensation)

Bei der Gegenstrom-Kondensation bewegten sich das Wasser und das Luft-Dampf-Gemisch im Kondensator in entgegengesetzter Richtung. Wasser und Luft konnten getrennt abgeführt werden. Das Wasser strömte beispielsweise oben ein, der Dampf unten. Das Wasser wurde in Kaskaden über Brausen, Düsen etc. nach unten geführt. Das kondensierte Wasser sammelte sich mit dem Kühlwasser unten im Kondensator. Die Luft wurde oben abgeführt. Durch das frisch oben zugeführte Wasser wurde die Luft entsprechend stark abgekühlt und damit verdichtet. Als Luftpumpen kamen sogenannte „trockene Luftpumpen“ zum Einsatz, die außer der Luft noch geringe Mengen nicht kondensierten Dampfes abführten. Der Kühlwasserverbrauch bei Gegenstrom-Kondensation war geringer als der bei Gleichstrom-Kondensation und das erreichte Vakuum besser. Zum Rauminhalt des Kondensators können keine allgemeingültigen Richtwerte gegeben werden, die Verhältnisse waren von Maschine zu

Maschine zu unterschiedlich. Da der Abdampf der Maschine ölhaltig war, konnte das Kondensat nicht unmittelbar zur erneuten Speisung verwendet werden.

Der Kondensator konnte in der Nähe des Zylinders als Erweiterung des Auspuffrohrs angeordnet werden. Eine andere Möglichkeit war die meist stehende Anordnung neben der Luftpumpe oder eine integrierte Bauweise im Körper der Luftpumpe. Das Prinzip der Gegenstrom-Kondensation ist im Bild 13.2/3 dargestellt. Gegenstrom-Mischkondensatoren wurden bei großen Halblokomobilen häufig eingesetzt.

2. Oberflächenkondensation

Abdampf und Kühlwasser waren bei der Oberflächenkondensation voneinander getrennt. Die Medien vermischten sich nicht. Die Trennung geschah im Allgemeinen durch Rohrwände. Dampf und Wasser wurden meist im Gegenstrom geführt. Bei den geschlossenen Oberflächenkondensatoren, die die größte Verbreitung hatten, wurde im Allgemeinen ein zylindrischer Kessel durch Scheidewände in mehrere Kammern geteilt. Zwischen den Scheidewänden setzte man dünnwandige Messingrohre ein, durch die das Kühlwasser floss. Der Durchmesser der Rohre lag bei 12 bis 30 mm, deren Länge konnte einige Meter betragen. Die Anzahl der Rohre ging in die Hunderte. Die Wasserführung war so angelegt, dass das Kühlwasser beim Durchgang durch den Kondensator seine Strömungsrichtung mehrfach änderte (hin und her). Das abgeschiedene Kondensat und die Luft wurden getrennt abgeleitet. Für die Zuführung des Kühlwassers wurden leistungsfähige Pumpen benötigt. Das erwärmte Wasser konnte weiterverwendet oder rückgekühlt werden. Bei der Oberflächenkondensation benötigte man im Vergleich zur Mischkondensation eine größere Wassermenge. Um 1 kg Dampf zu kondensieren waren bis zu 50 kg Kühlwasser erforderlich. Als Richtwerte für die Kühlfläche setzte man 0,02 bis 0,03 qm je 1 kg Dampf an. Wenn man von der indizierten Leistung ausging betrug der Wert etwa 0,1 bis 0,2 qm für 1 PS.

Bei der Oberflächenkondensation unterschied man zwei Bauarten: die offenen Kondensatoren und die geschlossenen Kondensatoren. Bei den offenen Kondensatoren, sie wurden meist stehend gebaut, war der obere Kühlwasserspiegel frei zugänglich. Zur Reinigung waren sie frei zugänglich. Bei Halblokomobilen waren sie ohne Bedeutung. Geschlossene Kondensatoren waren bei Halblokomobilen verbreitet. Die Kondensation fand in einem meist liegend angeordneten zylindrischen Kessel statt. Zur Erzielung einer großen Kühlfläche war der Kondensationsraum mit einer Vielzahl an Röhren durchzogen. Eine Kaltwasserpumpe drückte das Kühlwasser durch die Röhren. Die Wärme des Dampfes wurde vom Wasser aufgenommen dabei kondensierte der Dampf. Dieses Kondensat-Luft-Gemisch wurde von der Luftpumpe abgesaugt und nach der Reinigung das Wasser zur Kesselspeisung verwendet.

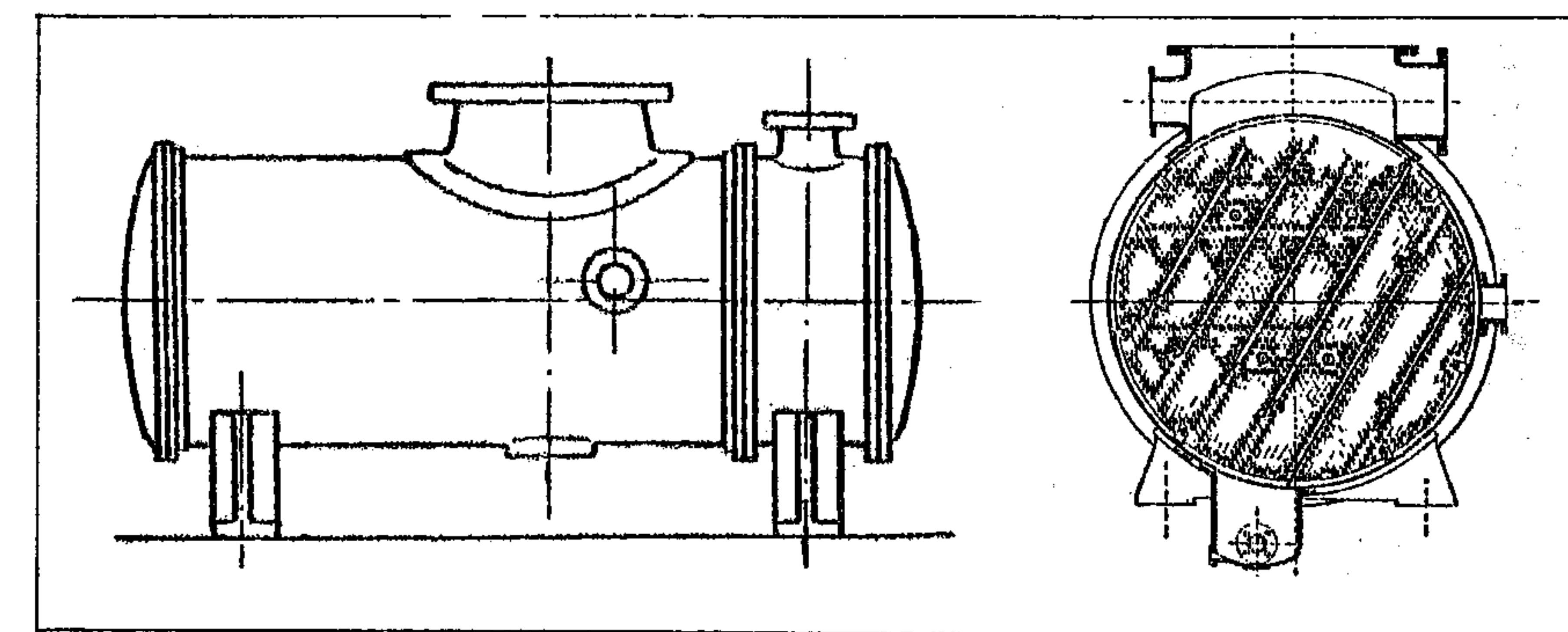


Bild 13.3/2: Geschlossener Kondensator (liegende Bauweise)

3. Wasserstrahlkondensation

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts kamen diese Kondensatoren in Gebrauch. Im Prinzip waren es Sonderformen der Mischkondensatoren. Sie waren sehr einfach im Aufbau, benötigten wenig Raum, konnten einfach montiert werden und waren sehr preiswert. Abdampf und Kühlwasser mischten sich in einem speziellen Düsensystem. Eine Luftpumpe wurde nicht benötigt. Es gab sehr wenige bewegliche Teile. Die Funktion der Wasserstrahlkondensatoren beruht auf dem Prinzip, die Strömungsenergie des Abdampfes zur intensiven Durchmischung mit dem Kühlwasser zu nutzen. Die folgende Zeichnung zeigt das Prinzip. Bei B tritt der Abdampf ein. Das Kühlwasser wird bei D bzw. F in ein System aus mehreren Düsen geleitet. Der bei B eintretende Abdampf saugt das Wasser über eine Vielzahl an Abdampfeintrittsdüsen im Wasserführungsrohr an. Das Wasser-Dampf-Gemisch tritt bei A aus. In der inneren Mischdüse wurde dem Wasser durch die Strömungsenergie des Abdampfes eine höhere Geschwindigkeit erteilt und im anschließenden Teil des Apparats die Geschwindigkeit in einer konisch erweiterten Düse in Druck umgesetzt. Dieser Druck reicht zur Überwindung des Gegendrucks der Atmosphäre aus. Mit Hilfe des Hebels C konnte die verschiebbare Düse E von außen verstellt werden. Dadurch konnte, je nach Abdampfmenge, die Anzahl der im Wasserführungsrohr freiliegenden Abdampfeintrittsdüsen verändert und somit die Wirkung des Apparats angepasst werden. Der dargestellte Strahlkondensator war für Saughöhen bis 3 m einsetzbar.

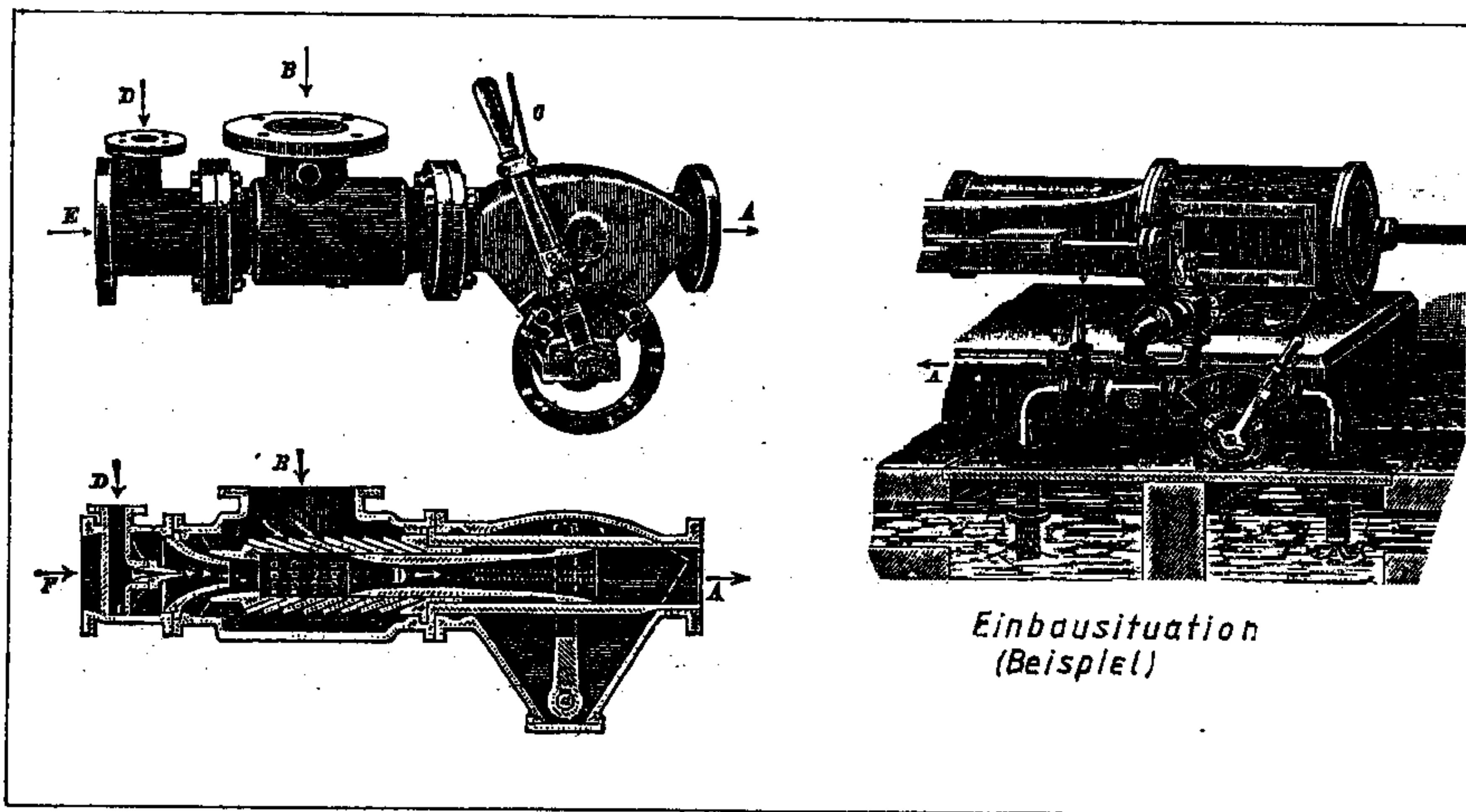


Bild 13.3/3: Wasserstrahlkondensator

(Universal-Kondensator der Maschinenfabrik der Gebr. Körting,
Körtingsdorf bei Hannover (um 1904))

Anhand zweier Beispiele aus der Praxis soll die Kondensation bei großen Industrie-Verbundlokomotiven erläutert werden. Hersteller der Maschine im ersten Beispiel war die Fabrik von Henschel & Sohn aus Kassel. Gebaut wurde sie um 1926. Die Maschine besaß eine Leistung von 160 PS. Die Zylinder hatten Tandemanordnung. Ausgeförderte Maschinen aus dieser Zeit waren technisch und wirtschaftlich ausgereift. Einige Funktionen, die in den vorangegangenen Kapiteln getrennt dargestellt worden sind, waren bei dem dargestellten technischen Stand aus bautechnischen Gründen integriert (z.B. Speise- und Luftpumpe). Die Beschreibung wurde ungeteilt einer Verkaufsunterlage des Herstellers entnommen.

Abb. zeigt einen Schnitt durch die Kondensation unserer Verbund-Lokomotiven mit hintereinanderliegenden Zylindern. Unmittelbar an den Niederdruckzylinder schließt sich ein stehender Vorwärmer an. Derselbe ist für den Dampfaustritt mit zwei entgegengesetzt angeordneten Stutzen versehen. Bei Kondensationsbetrieb ist der Absperrschieber geöffnet, während die auf der anderen Seite angeordnete selbsttätige Rückschlagklappe durch die Luftleere auf ihren Sitz gesaugt wird. Der Dampf wird im Einspritzkondensator, der mit einem von Hand regelbaren Einspritzhahn, einem Vakuummeter sowie mit einem Luteinlaßventil versehen ist, niedergeschlagen. Von da fließt das Kondensat der an einem Kesselfuß angeordneten Luftpumpe zu, durch die das Kondensat- und Luftgemisch gefördert wird. Die Luftpumpe besitzt für den Eintritt an Stelle von Ventilen und Klappen lediglich Schlitze im Kolbenlauf. Die reichlich bemessenen Druckklappen in dem oben liegenden Ventilsitz sichern einen weichen, ruhigen Gang der Pumpe. Die Speisepumpe ist mit der durch eine Hubscheibe angetriebenen Luftpumpe

direkt gekuppelt. Das von der Speisepumpe angesaugte Speisewasser wird in mehrmaligem Hin- und Hergang durch den Abdampfvorwärmer gedrückt und gelangt dann zu dem aus Rückschlag- und Absperrventil bestehenden Speisekopf am Kessel.

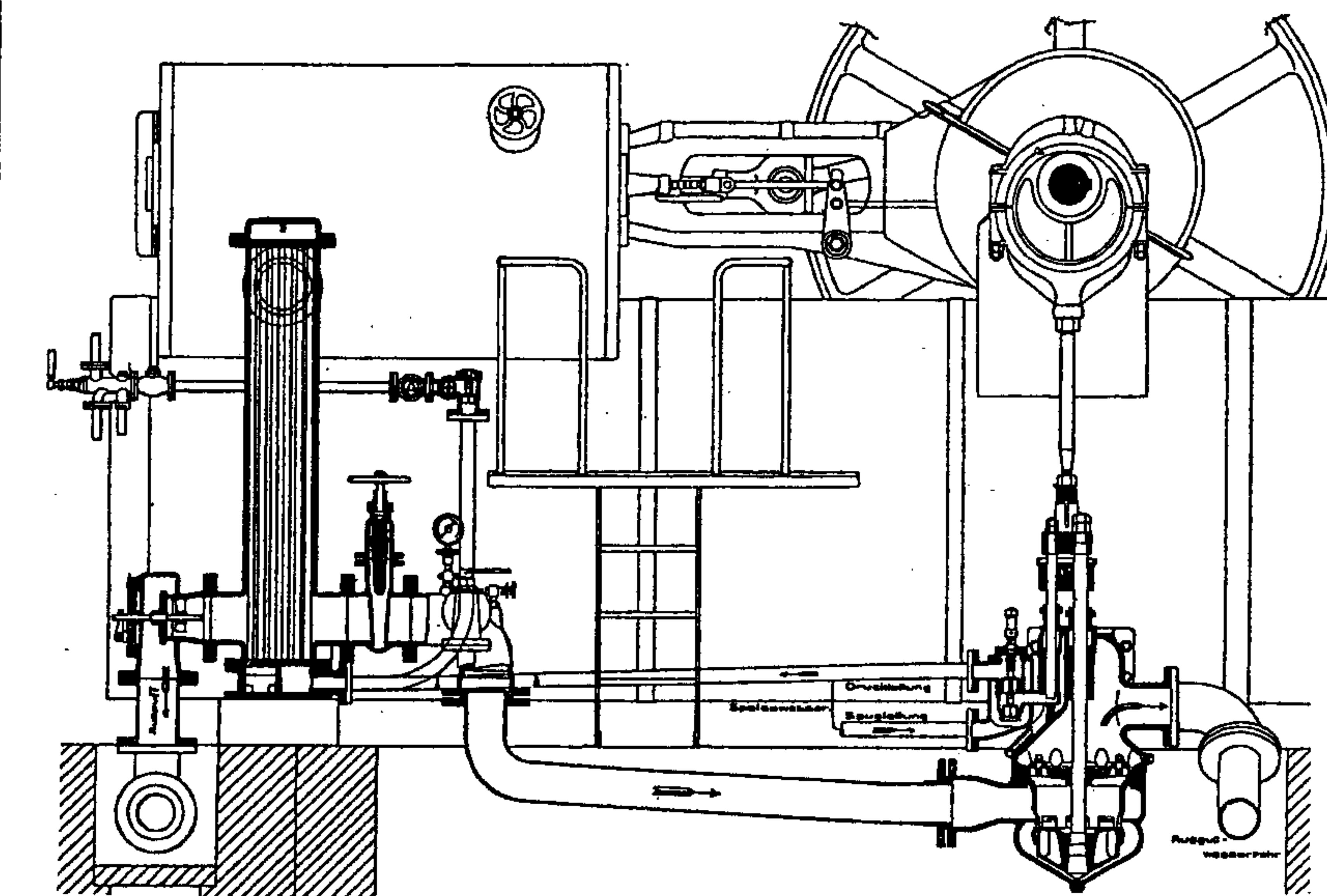
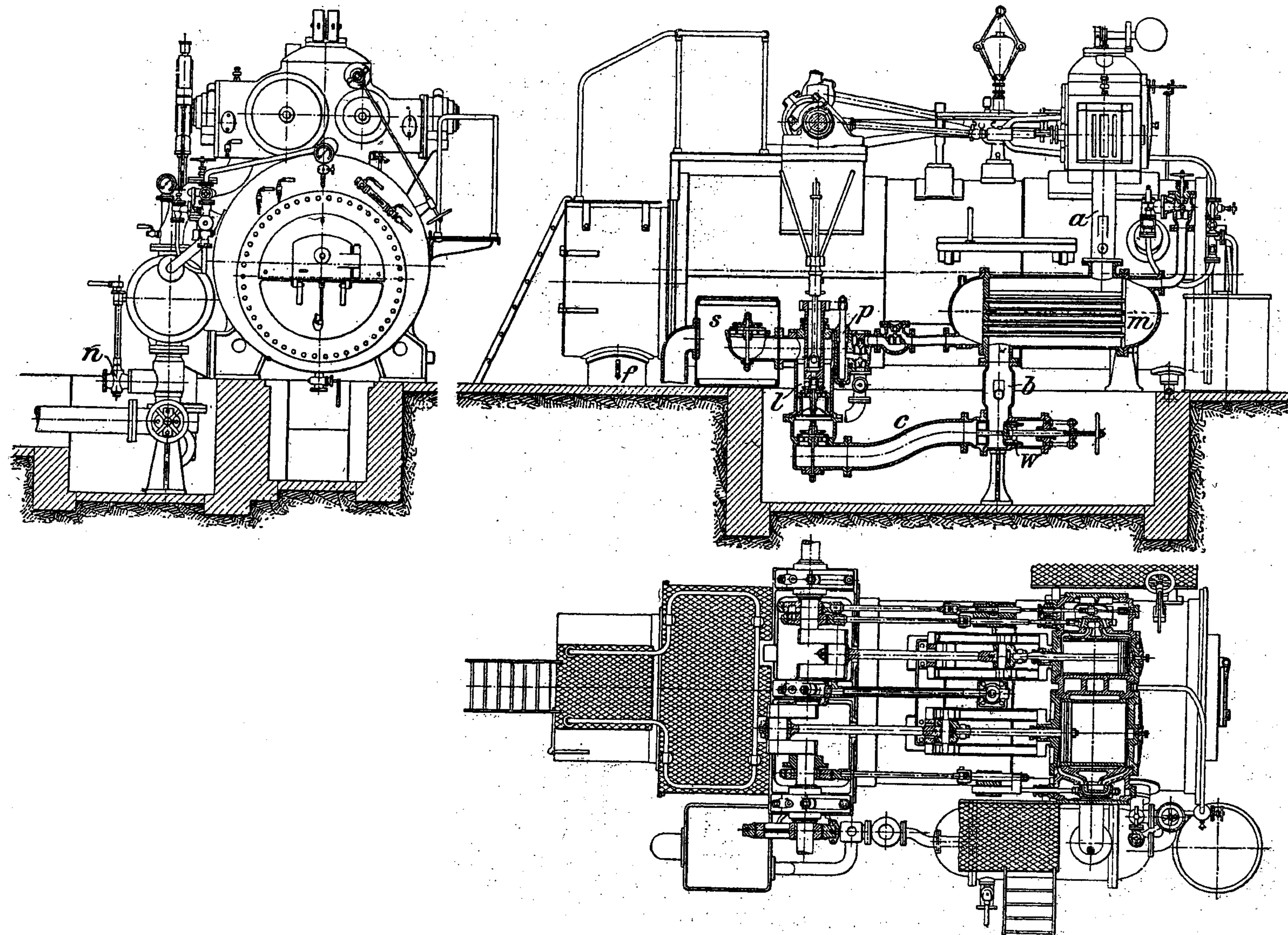


Bild 13.3/4: Beschreibung der Kondensation bei einer Industrielokomotive
(Maschinenfabrik von Henschel & Sohn, um 1926)

Der Hersteller der Maschine im zweiten Beispiel (siehe Tafel 13.3/1) war R. Wolf aus Magdeburg-Buckau. Die Zylinderanordnung der Verbundmaschine war parallel. Leistung der Halblokomotive 140 PS, Baujahr 1902. Der unmittelbar an das Auspuffrohr a des Niederdruckzylinders abgeschlossene Röhrenvorwärmer m stand mit der vertikal angeordneten, von einem Exzenter der Kurbelwelle aus betriebenen Luftpumpe l durch eine Leitung b, c in Verbindung. Der senkrechte Teil b bildete gleichzeitig den Kondensator. Er war mit einem regelbaren Zulaufhahn n für das Einspritzwasser versehen. In das waagerechte Verbindungsrohr c zwischen Kondensator und Luftpumpe war ein Wechselventil w eingeschaltet, um ggf. auch ohne Kondensation arbeiten zu können. Die Luftpumpe l förderte in einen Wasserkasten s, von dort drückte die mit der Luftpumpe gekuppelte Speisepumpe p das Wasser in den Vorwärmer m und von dort in den Kessel.



Tafel 13.3/1: Halblokomobile mit Vorwärmer und
Kondensation
(Hersteller: R. Wolf, 1902)