

Wasserhaltungsmaschinen für Bergwerke.

Der Erzbergbau und noch mehr der Kohlenbergbau sind Fundamente unserer Kultur. Die technischen und wirthschaftlichen Leistungen des Bergbaues unter der ausgedehnten Mitarbeit des Maschinenwesens sind von grossem Einfluss auf die Kultur- und Lebensverhältnisse.

Die Entwicklung der Bergwesen-Maschinen ist ein gut Theil Geschichte des Maschinenwesens selbst. Viele grosse Leistungen des Maschinenbaues haben ihren Ausgangspunkt in den Forderungen des Bergbaues.

Die Entwicklung der Dampfmaschine, bevor sie sich zur normalen Betriebsdampfmaschine und Schiffsmaschine ausbildete, ist zum grössten Theil im Dienste des Bergbaues erfolgt. Die „Feuermaschine“ wurde zuerst für den Wasserhaltungsbetrieb benutzt, und die ersten grösseren Dampfmaschinen fanden im Bergbau Anwendung; auch die neuesten Errungenschaften der Maschinenteknik haben vielfach wieder ihre Wurzeln in den Bedürfnissen des Bergbaues.

Die Gewaltigung der zufließenden Wasser stellt schwierige Aufgaben, die mit der zunehmenden Schachttiefe die Leistungen der Ingenieurkunst bis an die äussersten Grenzen in Anspruch nehmen.

Der Bergbau war durch seine weitgehenden, immer neuen und stets schwierigeren Forderungen von jeher eine Schule des Fortschritts. Er hat neue Bedürfnisse geschaffen und den Erfindungsgeist gezwungen, über das Ueberlieferte hinaus mit vollkommeneren Mitteln Neues zu ersinnen.

Der deutsche Bergbau war die „hohe Schule des Maschinenbaues; die alten „Kunstmeister“ waren auf ihren Gebieten Bahnbrecher. Ihre technischen Leistungen, die zum Theil in den alten deutschen Erzbergbauten am Harz, in Freiberg, in den österreichischen Alpenländern u. s. w. noch erhalten sind, können, selbst vom Standpunkte der heutigen Erfahrungen beurtheilt, unter Würdigung der damaligen Hilfsmittel der Technik nur mit hoher Anerkennung genannt werden.

Auf dem Gebiete der Wasserhaltungen vollzog sich die Entwicklung in folgender Linie: Hand-

pumpen, Pferdegöpel, Uebersetzungen auf einfache Holzgestänge und Holzpumpen, einfache Wasserkraftmaschinen, dann planmässige Gewinnung und Aufspeicherung von Wasserkraften in Teichen, unterirdische Abflussstollen zur Gewinnung der Wassergefälle, Wasserräder und Wassersäulenmaschinen zum Betriebe der Bergwerkskünste.

Dann kam die „Feuermaschine“ aus England, als atmosphärische, später als Dampfdruckmaschine mit niedrigem Druck und Kondensation arbeitend. Als einfachwirkende Dampfmaschine mit Gestängepumpen ist sie die normale Wasserhaltungsmaschine des Bergbaues geworden und fast ein Jahrhundert lang geblieben.

Seit Anfang des Jahrhunderts ist die alles bewältigende Dampfmaschine Herrscherin geworden. Sie hat für Wasserhaltungszwecke zuerst in den Zinngruben Cornwalls Berühmtheit erlangt und als „Cornwall-Maschine“ das ganze Feld der Wasserhaltungsmaschinen für Bergwerke erobert. An ihr wurde mit grosser Zähigkeit festgehalten.

Das Aufkommen der unterirdischen Dampfmaschinen wurde durch die Vorliebe für die alten überlieferten Cornwall-Maschinen gehindert, bis dann plötzlich in den letzten zwei Jahrzehnten die raschlaufende unterirdische Dampfmaschine als Wasserhaltung siegreich vordrang. In neuester Zeit endlich beginnt die centrale Krafterzeugung über Tag und die Kraftvertheilung unter Tag durch neue Energiemittel, nicht blos für Wasserhaltungszwecke, sondern für den ganzen Bergbaubetrieb, im grössten Stile sich Bahn zu brechen.

Auf keinem anderen Gebiete des Maschinenwesens hatte der Fortschritt so mit dem Ueberlieferten, zäh Festgehaltenen zu kämpfen; gleichwohl ist die Entwicklung der neueren Zeit nirgends so plötzlich gewesen wie auf dem Gebiete der Wasserhaltungen, und auf wenigen Gebieten war der schliessliche Sieg der vollkommenen maschinenteknischen Mittel ein so vollständiger wie hier.

Eine nähere Betrachtung dieser Erscheinung lohnt sich schon wegen der äusseren auffälligen Umstände; ausserdem umfasst dieses Gebiet die grössten Leistungen des Maschinenbaues und verdient auch deshalb besondere Beachtung. Die geschichtliche Würdigung der Entwicklung führt weit in die Geschichte der Dampfmaschine und der Energievertheilung hinein und ist keineswegs einfach. Die anfangs technisch höchst beschränkte Entwicklung der Wasserhaltungsmaschinen, dann das plötzliche, trotz aller Vorurtheile siegreiche Eingreifen der neueren maschinentechnischen Leistungen im Bergbau kann etwa durch Folgendes erklärt werden:

Der Bergbau bildet mit berechtigtem Stolze eine Gilde besonderer Art; seine Schöpfungen bezeichnet die Bergmannssprache in eigenartiger Weise. Die Gefahren, die der Bergmann durch technische Mittel überwinden muss, drängen ihn zu grosser Selbständigkeit, zu Selbsthilfe und raschem Schaffen, gerade auf dem Gebiete der mechanischen Hilfsmittel; deshalb verwendet der Bergmann nicht gern Einrichtungen, die er allein nicht vollständig beherrschen oder selbst herstellen kann.

Die alten Kunstmeister waren vielfach selbst die Maschinenbauer, in kleineren Betrieben immer. Ihre Wasserräder, Gestänge- und Holzpumpen waren ihr eigenes Werk, wobei die Möglichkeit, alles selbst zu bauen und zu repariren, eine Hauptrolle spielte, genau so wie heute noch in entlegenen Gegenden, fern von den ausgebildeten Hilfsmitteln der Technik, die Einfachheit und die Möglichkeit, sich in jedem Falle selbst zu helfen, wichtig und entscheidend sind. In solchen Fällen kann selbst das Vollkommenere, wenn es Abhängigkeit bringt, unbrauchbar werden. Es ist erklärlich, dass der Bergmann nur mit seinen eigenen Leuten zu arbeiten wünscht und sich am allerwenigsten in der Grube von fremden Elementen abhängig machen will. Daraus müssen sich streng konservative Anschauungen entwickeln: Festhalten am Ueberlieferten, d. i. am Selbstgemachten und Beherrschbaren.

Der Bergbau hat lange Zeit nichts anderes gekannt als die alten Wasserkünste, die Cornwall-Gestängemaschinen, hat ausschliesslich und mit hohen Kosten die überlieferten, gegenüber den gesteigerten Forderungen immer unvollkommener gewordenen Einrichtungen angewendet. Insbesondere hat sich der Bergbau gegen den Dampf in der Grube mit allen Kräften und vieler Berechtigung standhaft gewehrt. Dieser Widerstand war in den 70er Jahren allgemein und noch in den 80er Jahren überwiegend, und nur nothgedrungen wurde die Dampfmaschine unter Tag zugelassen; vom Fortschritte der hohen Dampfspannungen und des raschen Ganges der Maschinen wurde am spätesten im Bergbau Gebrauch gemacht.

Der konservative, aber im Zusammenhang mit der Eigenart bergtechnischer Verhältnisse berechnete Widerstand wurde gebrochen durch die wachsenden Aufgaben, die zunehmenden Teufen und Wassermengen, durch die zunehmende Unsicherheit und die übermässigen Kosten der überlieferten Maschineneinrichtungen. Die Betriebsgeschwindigkeiten dieser alten Maschinen erforderten immer grössere Aufwendungen für Anlage und Betrieb.

Gegenwärtig sind die Aufgaben sowohl berg- wie maschinentechnisch und auch hinsichtlich der wirtschaftlichen Ausnutzung der Maschinenkräfte so schwierig geworden, dass die Anwendung aller verbesserten Mittel, welche die Technik zu bieten vermag, nothwendig wird, um die Schwierigkeiten zu meistern. Die Zeit der Kunstmeister, die mit eigener Arbeit alles leisteten, ist vorüber. Alle vervollkommenen maschinentechnischen Hilfsmittel und die Mitarbeiterschaft des ganzen Maschinenbaues muss herbeigerufen werden, und es giebt keinen Fortschritt im Maschinenwesen, den der Bergmann zur Lösung seiner schwierigen Aufgaben nicht in Erwägung ziehen muss. Die enge Gemeinschaft der Bergbaugilde kann das Zusammenarbeiten mit dem modernen Maschinenbau nicht mehr entbehren. Der Maschinenbetrieb im allergrössten Massstabe und mit immer wachsender Vollkommenheit und Ausdehnung ist ein unerlässliches Werkzeug des Bergmanns in der Gegenwart geworden und wird es in immer höherem Masse werden. —

Die alten Gestänge-Wasserhaltungsmaschinen sind in Cornwall entstanden und auf diesem klassischen Boden des Dampfmaschinenbaus ausgebildet worden. Dort sind aus der Feuermaschine, der atmosphärischen Newcomen'schen Maschine die verbesserte Dampfmaschine, das Vorbild der Watt'schen Maschine, und später die bestausgebildeten langsamlaufenden Dampfmaschinen für Wasserhaltungszwecke entstanden, die 8 Jahrzehnte hindurch vorbildlich gewirkt haben. Dort wurden getrennte Kondensatoren eingeführt, der Dampf mit seiner Spannkraft und nicht bloss seiner Kondensationsfähigkeit benutzt, zuerst grosse Expansion wirklich durchgeführt und mehrstufige Expansion versucht. Unter diesen Fortschritten ist die Durchführung grosser Expansion bei den alten Cornwall-Maschinen die dem Laien am wenigsten auffällige, in Wirklichkeit aber bedeutendste maschinentechnische Leistung, weil starke Expansion erfolgreich durchzuführen nur bei Beherrschung der Beschleunigung der grossen zu bewegenden Massen möglich ist. Diese Leistung wird um so bedeutsamer erscheinen, wenn dagegen gehalten wird, dass man in den 60er und 70er Jahren, als die Cornwall-Maschinen die einzig herrschenden Wasserhaltungsmaschinen waren, in den wenigsten Fällen wagte, nennenswerthe Expansion durchzuführen, und dass

diese späteren Maschinen, mit den Mitteln eines schon entwickelten Maschinenbaues ausgeführt, fast ausschliesslich mit Dampfdruck, daher mit viel grösserem Dampfverbrauch arbeiteten als die alten Cornwall-Maschinen.

In der Kataraktsteuerung wurde ein konstruktives Mittel geschaffen, die Regulirung der riesigen Gestängemaschinen vollständig zu beherrschen und, von der Dampf-abkühlung abgesehen, eine fast ideale Regulirung zu schaffen. Sie ermöglicht es, dass jeder Hub bei raschem und bei langsamstem Gang genau wie jeder andere verläuft, weil nicht die Dampfvertheilung, sondern nur die Hubpausen regulirt werden.

Die Folge der starken Dampfexpansion war der bei den Cornwall-Maschinen zuerst erreichte, für die damalige Zeit unerhört geringe Dampfverbrauch, der auch so häufig zur Ueberschätzung dieser Maschinen verleitet hat.

Die Cornwall-Maschine wurde für die beste Dampfmaschine gehalten und angewandt, auch wo sie nicht am Platze war. Auch bei uns wurde sie, in blinder Nachahmung der englischen Vorbilder, bei Wasserwerksmaschinen benutzt und sogar bei Gebläsemaschinen, wo ihre Verwendung — bei fehlendem Anfangswiderstande — geradezu unsinnig war. Das berühmte Vorbild hat die Entwicklung des Maschinenwesens auf vielen Gebieten lange Zeit gehemmt, und Besseres konnte sich nur langsam Bahn brechen.

Im Bergwesen wurde die Cornwall-Maschine insbesondere überschätzt, nicht nur aus den angegebenen Gründen, sondern weit mehr noch deshalb, weil die Dampfmaschine vom Maschinisten über Tag spielend regulirt werden konnte, und weil im Schacht das Holzgestänge und seine Führungen, sowie die langsam laufenden Pumpen wenig Störung verursachten, sodass vom Schacht an der Kunstmeister allein Herr war. Die untersten Pumpensätze konnten als Hubsätze so eingerichtet werden, dass sie auch unter Wasser zugänglich blieben. Selbst den Drucksätzen traute man Betriebsfähigkeit auch unter Wasser zu. Die Antriebsdampfmaschine hingegen war immer ausser dem Bereiche der Gefahr. Die viel grössere Sicherheit, die man durch Reservemaschinen, durch grosse Sumpfstrecken erhalten konnte, wurde wenig gewürdigt.

So kam es, dass die Cornwall-Maschine noch in den 80er Jahren allein herrschend war, obwohl die bergtechnischen Forderungen durch sie nicht mehr zu erfüllen waren und die zunehmenden Teufen und Wassermengen immer schwierigere Aufgaben stellten. Aber selbst grosse Wasserhaltungsmaschinen für Leistungen bis zu 10 cbm und Teufen bis zu 500 m wurden nach diesem Vorbilde gebaut. Damit ergaben sich wegen der überhaupt nur möglichen geringen Betriebsgeschwindigkeit riesige Maschinen. Einzelne Maschinenteile, wie Cylinder, Schwingen, Wellen und Gestänge, erreichten

in den Abmessungen die Grenzen der Ausführbarkeit und überschritten die für Anlagekosten gerechtfertigten Grenzen. Die Maschinen gehörten zu den theuersten; sie kosteten etwa das 3 bis 4fache gleichwerthiger Maschinen, wie sie jetzt gebaut werden.

Dabei waren die Fortschritte in den Einzelheiten sehr gering. Ausser der Vergrösserung der Pumpensatzhöhe von 50 auf etwa 100 m und damit Verringerung der Zahl der Pumpensätze, der Einführung eiserner Gestänge, insbesondere der Rundgestänge, und ausser einigen Verbesserungen an den Dampfmaschinen, sowie etwa der Einführung der Rittinger-Pumpen ist in der langen Entwicklungszeit von reichlich einem halben Jahrhundert kaum Wesentliches an Verbesserungen zu berichten. Aller Fortschritt bezog sich nur auf Nebendinge. Mancher an vielen Orten versuchte Fortschritt, wie die doppelwirkende Ehrhardt'sche Maschine, versagte in der Praxis gänzlich.

Die immer weiter steigenden Anforderungen des Bergbaues erzwangen aber nunmehr ausgiebigen Fortschritt.

Er wurde zunächst ohne jegliche eingreifende Aenderung der Grundlagen ausschliesslich in der Geschwindigkeitssteigerung solcher Gestängemaschinen gesucht. Die Mittel hierzu waren:

Verbesserte Steuerungen und besondere Hilfsmittel, welche den Gang durch bessere Massenbewegung beschleunigen sollten; Hinzufügung von Schwungrad und Kurbeltrieb zur alten Cornwall-Maschine mit Begrenzung des Maschinen- und Gestängehubes.

Durch Kurbeltrieb und Schwungrad wurde die freie Massenbeschleunigung mit ihren Gefahren vermieden und durch gezwungene Massenbeschleunigung ersetzt. Das Ergebniss war: Erhöhung der Geschwindigkeit von minütlich 3—5 Hüben der alten Gestängemaschinen ohne Schwungrad auf 10—15 Hübe bei Kurbel- und Schwungradmaschinen. Erkauft wurde dieser Fortschritt durch die Verringerung des Gestängehubes und die damit verbundene Vergrösserung der Gestänge- und Pumpenkräfte, durch Hinzufügung des theuren Kurbeltriebs und grossen Schwungrades, durch ein weitläufiges Fundament und Maschinenhaus, und infolgedessen durch sehr hohe Anlagekosten, die höchsten, die je im Maschinenbau für verhältnissmässig geringe Leistung vorgekommen sind. Und dabei war der Fortschritt doch nur gering.

In diesen Maschinen vereinigte sich alles, was die Kosten erhöht: geringe Geschwindigkeit, grosse Kräfte-wirkung, riesige Abmessungen der Maschinenteile, bis an die Grenze der Ausführungsmöglichkeit, weitläufige Konstruktion und grosser Raumbedarf. Trotzdem blieben diese Maschinen die herrschenden, auch als ihre Kostspieligkeit und Betriebsunsicherheit, die Häufigkeit von Brüchen, insbesondere an Gestängen, längst bekannt waren.

Die Unsicherheit lag im wesentlichen darin, dass die riesigen Maschinentheile die Leistungsfähigkeit des damaligen Maschinenbaues bis an seine Grenzen und meist darüber in Anspruch nahmen und viele schwere Stücke völlig zuverlässig nicht hergestellt werden konnten. Es mussten deshalb nothgedrungen hohe Beanspruchungen geduldet werden, die bei keiner anderen Dampfmaschine für zulässig angesehen wurden. Maschinen- und Gestängebrüche wurden als unvermeidlich hingenommen.

Die Ursache dieser vielen Gestängebrüche war ausser den erwähnten hohen Beanspruchungen insbesondere der Einfluss der Massendrucke und des Wechseldrucks in den Gestängetheilen. Es hat den beteiligten Maschinenfabriken Millionen und den Gruben mittelbar noch viel mehr gekostet, bis der Maschinenbau lernte, Gestänge bei Schwungradmaschinen nur mit Zugbeanspruchung und ohne Wechseldruck zu bauen und die Massenbeschleunigung richtig zu würdigen. Dabei haben wohl nur wenige der grossen Gestängewasserhaltungen die von ihnen verlangte Höchstgeschwindigkeit im andauernden Betriebe überhaupt erreicht, die meisten sind erheblich weit darunter geblieben; von einer Steigerungsfähigkeit wesentlich über die angeblich normale Leistung hinaus war bei grossen Maschinen keine Rede.

Die Cornwall-Maschine mit ihrer vorzüglich regulirbaren Kataraktsteuerung bot den Vortheil, beliebig niedrige Hubzahlen durch Verlängerung der Hubpausen zu erhalten, während die Höchstgeschwindigkeit durch die freie Massenbeschleunigung begrenzt war.

Bei den Schwungradmaschinen war die Höchstgeschwindigkeit ebenfalls durch die Massenbeschleunigung und den Kraftwechsel im Gestänge begrenzt, aber auch die niedrigste Geschwindigkeit durch die Schwungmassen bestimmt. Geringe Hubzahlen erforderten unbequem schwere Schwunräder.

Die Vervollkommnung der Kataraktsteuerungen derart, dass sie sowohl mit Hubpausen als auch für Kurbetrieb eingestellt werden konnten, hat nicht vermocht, den Gestängemaschinen eine längere Lebensdauer zu verleihen. Die Leistung war nach allen Richtungen eine für steigende Anforderungen begrenzte, und die Anlage- wie die Betriebskosten waren längst über alles Verhältniss zu den Leistungen dieser Maschinen hinaus angewachsen.

Diese schwerfälligen Maschinen wurden vom bergtechnischen Standpunkte aus betriebssicher genannt, weil der Motor über Tag fern von der Wassergefahr war, während sie maschinentechnisch zu den betriebsunsichersten zu zählen waren. Sie sind mit gleicher Betriebssicherheit, wie heutzutage raschlaufende Maschinen, überhaupt nicht herzustellen, ohne dass ein arges Missverhältniss zwischen Anlagekosten und

Leistung entsteht und sich ausserdem Unausführbarkeit der Haupttheile einstellt.

Die Verbesserungen in den Einzelheiten der Kataraktsteuerungen und der Pumpen konnten nichts helfen. Die Mängel lagen unbehebbar im System der Kraftübertragung auf mehrere hundert Meter durch die langen und schweren Gestänge im Schacht, unter den ungünstigsten Konstruktionsbedingungen und bei hohen Anforderungen. Mit den steigenden Ansprüchen des Bergbaues, mit den zunehmenden Teufen und Wassermengen wurden Aufgaben gestellt, die mit den schwerfälligen Gestängen als Kraftübertragungsmitteln zweckmässig nicht gelöst werden konnten, sondern nur mit Kraftmitteln von vortheilhafteren Eigenschaften: Dampf, Presswasser, Elektrizität, zu lösen waren.

Die Versuche, statt Gestänge andere Kraftübertragungsmittel für Wasserhaltungen zu verwenden, sind alt. Das Gestänge war das erste Mittel, die Betriebskraft für die Pumpe durch den Schacht zu leiten, und ist es, von vereinzelt Ausföhrungen abgesehen, bis in die 70er Jahre geblieben. Vereinzelt, meist sehr unvollkommene unterirdische Dampfmaschinenbetriebe haben hieran nichts Wesentliches geändert. Erst von der Zeit an, wo vollkommene Dampfmaschinen mit geringerem Dampfverbrauch in die Grube gebracht wurden, zählt der Sieg des Dampfes als Energieübertragungsmittel über die Gestänge. Die Beseitigung der unvollkommenen alten Dampfmaschinen mit ihrem hohen Dampfverbrauch und der unerträglichen Wärmebelastung, die Einführung der wirthschaftlich besser arbeitenden Verbundmaschinen war eine Nothwendigkeit.

Der nächstliegende Schritt, die langen schweren Pumpengestänge zwischen der Dampfmaschine über Tag und den Schachtpumpen zu vermeiden, war:

die Dampfmaschine unterirdisch unmittelbar neben den Pumpen aufzustellen und den Dampf durch den Schacht zur Dampfmaschine zu leiten. Das wesentlich Neue war somit die Energieleitung im Schacht. Die unmittelbare Kraftübertragung auf die mit der Dampfkolbenstange zu kuppelnden Pumpenkolben gestattete nunmehr die ausgiebigste Geschwindigkeitssteigerung und gewährte damit die grössten Vortheile.

Gegen solche Dampfenergieleitung durch den Schacht zu den unterirdischen Betrieben musste sich der Bergmann ablehnend verhalten. Die Wärmestrahlung der Dampfleitung war unvermeidlich und ihr Einfluss auf die Wetterführung, auf alle Arbeitsverhältnisse in der Grube, auf die Schachtzimmerung u. s. w. gegeben.

Die berechnete Abneigung richtete sich gegen die grossen Wärmemengen, die durch den Dampftrieb in die Grube geführt werden. Der Zwang, anstelle der kostspieligen grossen, kaum mehr ausführbaren und schwerfälligen Gestängemaschinen andere, leichter bewegliche

und billigere Maschinen zu setzen, war aber häufig ein alle bergmännischen Bedenken überwältigender. In dieser Zwangslage wurde von den Bergleuten in den 60er und 70er Jahren der Fehler begangen, dass der Dampf als Betriebsmittel unterirdisch nothgedrungen zugelassen, aber billige und schlechte unterirdische Dampfmaschinen als unliebsamer Nothbehelf aufgestellt wurden. Es wurde in der Zwangslage das neue und bequeme Energiemittel angenommen, aber zugleich unvollkommene Maschinen in die Grube gebracht, und in den meisten Fällen wurde nichts oder nichts Ausreichendes gethan, um die schädlichen Wirkungen der Dampfleitungen zu verhindern oder abzuschwächen. Die Ursache zahlreicher Missstände im Betriebe unterirdischer Maschinen und die Ursache des Lehrgeldes, welches der Bergbau wie der Maschinenbau bezahlen musste, bis die unterirdischen Dampfmaschinen den wesentlichsten Anforderungen entsprachen, lag in den unvortheilhaften Eigenschaften des Dampfes als unterirdisch zu verwendenden Kraftmittels, zugleich aber auch in seiner anfänglich äusserst schlechten Ausnutzung in Dampfmaschinen, die meist so schlecht waren, dass sie über Tag, wo viele Schwierigkeiten und Bedenken wegfallen, niemand als gewöhnliche Betriebsmaschinen verwendet haben würde.

In der damaligen Zeit wurden infolge dieser widerwillig zugestandenen halben Massregeln viele Fehler begangen, welche die unterirdischen Dampfmaschinen in argen Misskredit brachten und bewirkten, dass ihnen insgemein Mängel zugeschrieben wurden, die nicht im System der Maschine, sondern in maschinentechnischen Fehlern ihre Ursache hatten.

So z. B. wurden die Dampfleitungen viel zu gross bemessen, oft sogar nach der unsinnigen Faustregel: $\frac{1}{30}$ des Dampfzylinderquerschnitts, verfahren. Wahre Ungeheuer von Dampfleitungen, bis zu 500 mm Lichtweite, wurden in den 60er Jahren für Maschinen von nur 2—300 Pferdekräften ausgeführt. Solche übermässig grosse Dampfleitungen mussten die schwersten Nachteile mit sich bringen. Sie waren zudem meist schlecht umhüllt, denn die Technik des Wärmeschutzes ermangelte damals aller Erfahrung; die Wärmeschutzmassen waren weder wärmebeständig, noch in feuchten Schächten widerstandsfähig gegen Tropfwasser. Daraus allein ergaben sich schon schwere Uebelstände. Schächte mit Dampfleitungen waren wegen der grossen Wärmestrahlung vielfach kaum zugänglich. Die Umhüllung wurde durch Tropfwasser oder mechanische Einwirkung bald zerstört, und da die Arbeit im heissen Schachte unerträglich war, so wurde aller Wärmeschutz vernachlässigt. Die nackten Dampfleitungen waren oft in nassen Schächten in Betrieb und verursachten ausserordentlich grosse Abkühlungsverluste. Es wurden grosse Massen von Kondensationswasser zur Maschine gebracht;

die Entwässerungsapparate versagten häufig, weil sie wegen der Wärmebelastung eben auch nicht in gutem Zustande gehalten werden konnten, die Kontrolle war sehr unbequem, und so sind zahlreiche unterirdische Maschinen durch Wasserschlag nur infolge der schlechten Dampfleitung verunglückt.

Dampfleitungen können zweckmässig nur in den ausziehenden Wetterstrom verlegt werden. Vielfach wurde dies in der Zwangslage unterlassen, und durch die Dampfleitung mussten daher in den einfallenden Wettern Störungen hervorgerufen werden. Der Wetterstrom wurde durch die Erwärmung oft umgekehrt, wobei in der Zeit von der Stagnation bis zur vollständigen Umkehrung die schwersten Uebelstände in der Bewetterung und im Grubenbetriebe hervorgerufen werden mussten. In Schächten mit Wetterscheidern war im ausziehenden Trumm der Raum gewöhnlich sehr beengt. In den alten viereckigen Schächten war in der Regel überhaupt wenig verfügbarer Raum. Die Dampfleitungen mussten sich neben den Steigrohren durchwinden so gut es ging, und es konnten selbst Rücksichten zwingender Art nicht beachtet werden. Schädigend war insbesondere auch der zerstörende Einfluss der Wärme auf die nasse Schachtzimmerung und auf den sonstigen Strecken- und Grubenausbau.

Es ist daher wohl erklärlich, dass der unwillig zugelassene Gehilfe Dampf in Bergmannskreisen arg mit Schimpf bedacht wurde und die meisten Bergleute von diesem lästigen Energiemittel grundsätzlich nichts wissen wollten.

Hieraus ist es zu erklären, dass zu der Zeit, als die Dampfmaschine schon zu grosser Vollkommenheit gediehen war, unterirdisch nur schlechte, billige Maschinen angewandt wurden, und dass auch in den 80er Jahren, als unterirdische Dampfmaschinen in vollkommener Ausführung schon in Betrieb waren, doch noch immer die kostspieligen Gestängemaschinen in grosser Zahl gebaut wurden.

Die Uebelstände des unterirdischen Dampfbetriebes konnten nur behoben werden durch planmässiges Vorgehen: Eisenausbau in gemauerten Schächten, welche Dampfleitungen aufzunehmen haben; planmässigen Einbau der Dampfleitung unter Rücksichtnahme auf die Bewetterung und auf die Bedürfnisse des unterirdischen Betriebes; Dampfleitungen von möglichst geringem Querschnitt und Verwendung hoher Dampfspannung, um zu gunsten geringer Strahlungsoberflächen und Kondensationsverluste grosse Spannungsverluste zulassen zu können; wirksame wärmebeständige Umhüllung der Rohrleitungen, welche den Tropfwassern und auch mechanischen Angriffen widerstehen kann; Wärmeschutz nicht nur der Dampfrohre, sondern auch aller Flanschen und aller wärmestrahlenden Maschinenteile u. s. w.

Bei den erwähnten Entwicklungsverhältnissen war es auch ein folgenschwerer Fehler, dass die unterirdischen Maschinen in unzureichend kleinen Maschinenräumen, meist auch bei sehr mangelhafter Aufstellung, untergebracht wurden.

Zunächst kamen die Hubdampfmaschinen ohne Schwungrad und ohne Kurbeltrieb, besser Stossmaschinen zu nennen, zahlreich in Verwendung. Sie waren die billigsten, bestanden im wesentlichen nur aus Dampf- und Pumpencylinder und deren Steuerungen, erforderten auch den geringsten Raum, waren aber Dampffresser erster Ordnung, die mit 30 bis 40 kg, ja oft 100 kg Dampfverbrauch arbeiteten, in unterirdischen Betrieben, wo 10 bis 12 kg schon unbequem viel ist. Sie waren ausserdem unzuverlässig; ihre Steuerungen versagten häufig, die Pumpen waren für hohen Druck schlecht gebaut und Pumpenbrüche fast unvermeidlich.

Uebrigens gilt Aehnliches für die einfachen Schwungradmaschinen mit Kurbeltrieb, die nach den Misserfolgen der Stossmaschinen, zunächst nach englischem Muster, unterirdisch eingebaut wurden. Es ist kennzeichnend für die niedrige Stufe, auf welcher sich der Pumpenbau damals befand, dass zu einer Zeit, wo bei uns der Dampfmaschinenbau schon entwickelt war, die ersten unterirdischen Wasserhaltungen aus England bezogen wurden, mit Dampfmaschinen allerunvollkommenster Art, sodass nicht nur die Pumpen versagten, deren Bau wegen des hohen Drucks durchaus Neues und Schwieriges bot, sondern selbst die Dampfmaschinen.

Zu diesen schlechten Dampfmaschinen kam noch ausserdem die unvollständige Kondensation des Dampfes hinzu. Man ging im wesentlichen auf eine vermeintliche Einfachheit der unterirdischen Maschinen aus, und im besonderen darauf, den Auspuffdampf nur zu vernichten, ihn unschädlich zu machen, nicht aber ihn zur Erzeugung nutzbarer Luftleere zu verwenden.

Die normalen Einspritzkondensatoren mit Luftpumpe galten als zu umständlich und unzuverlässig, auch erforderten sie zu viel Raum und waren dem Bestreben hinderlich, billige Maschinen in kleinsten Maschinenräumen unterzubringen. Um nun den Auspuffdampf loszuwerden, wurde zunächst versucht, ihn in Wetterschächte, Sumpfstrecken u. s. w. frei auspuffen zu lassen, was bei grösseren Leistungen wegen der zunehmenden Erwärmung bald versagen musste. Auch wurden Dampfauspuffröhren bis zu Tage eingebaut und die Maschinen wie gewöhnliche Auspuffmaschinen betrieben. Die Folge waren grosse Widerstände im Auspuffrohr infolge der niederfallenden Kondensationswasser; über Tag kam in der Regel kein Dampf aus dem Auspuffrohr heraus. Dieses wirkte als grosser Oberflächenkondensator und als Schachtheizung, und das Niederschlagwasser musste durch ein besonderes Rohr in den

Schachtsumpf geleitet werden, wo es doch schädliche Erwärmung verursachte.

Die nächste Stufe waren die unvollkommenen Kondensatoren, welche ohne Luftpumpen das Kondensationswasser fortschaffen sollten, hauptsächlich Strahlkondensatoren verschiedener Art, mit Kondensation des Auspuffdampfes im Pumpensaugrohr u. s. w. Letztere war als einfachstes Mittel besonders beliebt. Die Strahlapparate bewirkten aber nur die Mischung von Auspuffdampf und Saugwasser. Die Folge war eine theilweise Kondensation, aber mit Gegendruck und ohne wirksame Luftleere; weiter aber auch die beständige Gefahr, dass Wasser aus dem Kondensationsrohr in die Dampfzylinder gelangte, starke Erwärmung des Saugwassers und der Pumpen, Wassersteinablagerung in den Pumpen und in den Steigrohren, Zuwachsen dieser Theile und schwere Betriebsstörungen, ausserdem grosser Dampfverbrauch wegen mangelhafter Dampfausnutzung.

Hierzu kam, dass in dem übertriebenen Bestreben nach Einfachheit anfänglich nur Volldruck-Dampfmaschinen ohne Expansion mit sehr knapp bemessenen Cylindern benutzt wurden, die dann auch thatsächlich mit Volldruck und grosser Auspuffspannung arbeiten mussten. Gegenüber dem hohen Enddruck gelang sogar die einfache Vernichtung des Dampfes nicht immer; Strahlkondensatoren und ähnliche unvollkommene Einrichtungen versagten gänzlich unter Verhältnissen, wo auch ein vollkommener Kondensator versagt haben würde.

Im Streben nach billigen Maschinen hat man auch den Bau solcher Wasserhaltungen oft minderwerthigen Fabriken überlassen, denen niemand den Bau einer gewöhnlichen Dampfmaschine anvertraut haben würde.

Alle erwähnten Fehler vereinigten sich nun zu äusserst schädlichen Wirkungen: Die schlechten Dampfmaschinen verbrauchten viel Dampf, nutzten den Dampf äusserst schlecht aus und belästigten damit zweimal in der gründlichsten Weise: durch die übermässig grosse, schlecht geschützte Dampfleitung und durch die grosse unausgenutzte Auspuffwärme, welche die Erwärmung in die Pumpe und die Steigleitung hineintrug. Die Folgen waren unerträgliche Zustände: Temperaturerhöhung im Schacht und in den engen Maschinenräumen bis zur Unmöglichkeit, den Maschinenbetrieb auch bei niedrigen Anforderungen zu führen. Jede sachgemässe Wartung und Instandhaltung der Maschinen wurde unmöglich, fortwährende Störungen im Maschinenbetriebe waren die Regel, und vielfach war es nur der ungewöhnlichen Aufopferung der Betriebsleiter und des Betriebspersonales zu danken, wenn die Betriebe überhaupt durchgeführt werden konnten. Das absprechende Urtheil über die unterirdischen Dampfmaschinen fand in diesen Nebenumständen seine volle Berechtigung.

Solche Zustände sind ungefähr das Gegentheil dessen, was der Bergmann verlangen muss; sie würden

aber auch dann aufgetreten sein, wenn die damaligen Pumpen tadellos gewesen wären, denn der Dampf allein mit seiner unvollkommenen Ausnutzung und unzweckmässigen Leitung brachte sie schon mit sich. Die schweren Uebelstände mangelhafter Pumpenkonstruktionen kamen dann ausserdem hinzu. Davon ist noch im Späteren zu reden.

Im grundsätzlichen Zusammenhang mit den Nachtheilen der Dampfenergie ist hinsichtlich der Pumpenkonstruktion hier hervorzuheben, dass man früher grosse Druckhöhen in einer Stufe nicht überwinden konnte und in der Regel die Wasserhebung in Stufen übereinander ausgeführt wurde. Hierdurch vermehren sich selbstverständlich die Uebelstände des Dampfbetriebes und die Mängel, welche aus der Dampfwärme der Zuleitung und Ableitung und aus der Kondensation hervorgehen.

Neben dem Umstand, dass in der Grube nichts für störungsfreies Dasein des unbequemen Dampfes vorgesehen wurde, trug aber, wie erwähnt, an den Uebelständen des unterirdischen Dampfmaschinenbetriebs zu einem wesentlichen Theile Schuld das verkehrte Bestreben des damaligen Maschinenbaues, dem Bergmann alle möglichen, scheinbar einfachen, aber mindestwerthigen Maschinen anzubieten, mit denen nicht einmal die einfachsten Forderungen gewöhnlichen Dampfbetriebes, geschweige die eines unterirdischen, erfüllt werden konnten.

Aus diesem ungesunden Verhältniss heraus ist es zu erklären, dass die Bergleute für ihre ohnedies kostspieligen Gestängemaschinen meist reichliche Aufwendungen machten, gutes, erfahrenes Betriebspersonal und oft prächtige Maschinenräume zur Verfügung stellten, während sie für unterirdische Maschinen gleicher Leistung kaum ein Viertel der für Gestängemaschinen unvermeidlich erforderlichen Anlagekosten bewilligten und auch als Maschinisten unter Tag meist ein ganz ungeschultes Personal anstellten. Zur Behebung oder auch nur Milderung der Uebelstände, welche die Wärmestrahlung in den Schacht und in die Maschinenräume brachte, geschah oft nichts, jedenfalls nur Unzureichendes, und es wurde in den 60er und 70er Jahren unter Zuständen gearbeitet, die gegenwärtig kein Revierbeamter dulden würde. Bei zahlreichen, selbst grossen Anlagen wurde über unerträgliche Hitze in den Maschinenräumen geklagt, aber nichts gethan, diesen Uebelstand durch besondere Lüftung zu beheben. In den meisten Fällen fehlte es sogar an jeder ausreichenden Beleuchtung der unterirdischen Räume. Es wurden unterirdische Maschinenräume von einigen 30 m Länge, 8—9 m Breite ausgeführt und mit ein paar russenden Oellampen beleuchtet, sodass der Maschinist seine Maschine überhaupt nicht übersehen konnte, während jedermann eine

Betriebsführung unter gleichen Verhältnissen über Tag als etwas Unmögliches bezeichnet hätte.

Der Anfangszustand des unterirdischen Dampfbetriebes lässt sich dahin kennzeichnen: Es wurden alle schweren Nachtheile des Dampfbetriebes in den Kauf genommen, über die Unzuträglichkeiten schwer geklagt, aber wenig, oft nichts gethan, die dem Dampf eigenthümlichen Uebelstände zu bekämpfen. Die Mittel dazu wären gewesen: kleinste Dampfleitungen in richtiger Wetterführung, Wärmeschutz, ökonomisch arbeitende, vollkommene Dampfmaschinen mit geringer Auspuffwärme in gut beleuchteten und gelüfteten Maschinenräumen, Dampfmaschinen und Pumpen von vollkommener Konstruktion und genügende Reserve. Zur Erfüllung aller dieser Forderungen hätte die grosse Kostensparniss, die unterirdische Maschinen in Anlage und Betrieb ermöglichen, reichliche Mittel geboten.

Zu dieser richtigen Auffassung ist man aber erst in den 80er Jahren, und zwar insbesondere bei neuen Schachtanlagen, gelangt, welche planmässig für die Aufnahme des Dampfes als Energiemittel vorgesehen wurden. Dort, wo alte Schächte und vorhandene ungünstige Grubenverhältnisse solche planmässige Vorsorge unmöglich machen, ist auch nicht der Ort für die Verwendung des Dampfes im unterirdischen Betriebe; dort muss schon wegen dieser örtlichen Verhältnisse zu anderen Kraftmitteln gegriffen werden, ganz abgesehen von den besonderen Vortheilen, welche diese Mittel etwa bieten können.

Hingegen ist es bei richtiger Ausführung möglich, auch die grössten unterirdischen Dampfbetriebe, wenn sie sich nicht zu fern vom Schacht befinden, allen berechtigten Anforderungen des Bergmanns entsprechend durchzuführen und Anlagen zu schaffen, welche etwa ein Drittel der Kosten gleich kräftiger Gestängemaschinen und etwa die Hälfte der Kosten von Kraftübertragungen durch Elektrizität oder Druckwasser erfordern. Mit dem Dampf, an richtiger Stelle verwandt, kann eben kein anderes Energiemittel hinsichtlich Einfachheit, Zuverlässigkeit und Steigerungsfähigkeit in Wettbewerb treten. Bei vielfach verzweigten Betrieben ist es allerdings anders und erfolgt eine Verschiebung zu gunsten anderer Kraftmittel.

Gegenwärtig giebt es Anlagen, wo Dampfenergie von 3—4000 Pferdekraften für unterirdische Wasserhaltungen durch den Schacht übertragen wird und sich weder im Schacht noch im Maschinenraum erhebliche Belästigung ergibt, der Maschinenbetrieb vielmehr hohen Anforderungen entspricht. Voraussetzung ist aber Berücksichtigung der Eigenart des Dampfes und Verwendung vollkommener Maschinen. Deren Mehrkosten sind geringfügig gegenüber der Verdoppelung der Anlagekosten, welche jede andere Energieleitung unvermeidlich mit sich bringt.

Dabei ist die Entwicklung der unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen noch nicht abgeschlossen. Der herrschende Typus, die liegenden langhubigen normalen Verbundmaschinen mit direkt dahinter gekuppelten Druckpumpen und Kondensatoren, ist nichts weniger als eine endgiltige Lösung der vom Bergmann gestellten Aufgabe.

Solche Maschinen sind zu weitläufig und schwerfällig, unübersichtlich, nicht steigerungsfähig und zu kostspielig; auch ist das ausgedehnte Fundament gegenüber druckhaftem Gebirge unsicher.

Alle diese Uebelstände können durch richtig gebaute Dampfmaschinen und Pumpen behoben und die Vortheile der einfachen Dampfwasserhaltung viel besser ausgenutzt werden, als es durch diesen Typus geschieht, insbesondere durch kleinere steigerungsfähige Maschinen, die ohne nennenswerthe Wärmebelastung durch die Dampfzylinder und Rohrleitungen arbeiten und bei kleinem Fundament und geringem Raumbedarf völlig übersichtliche Aufstellung und weit bessere Zugänglichkeit als die bisherigen Maschinen ermöglichen. Hiervon wird später ausführlicher die Rede sein.

Schliesslich mag noch darauf hingewiesen werden, dass die Entwicklung der Dampfmaschine für die über-tägigen Wasserhaltungen vielfach der Entwicklung der übrigen Land- und Schiffsdampfmaschinen vorangeschritten ist, während sich die Errungenschaften des Dampfmaschinenbaues im unterirdischen Betriebe sehr verspätet einbürgerten.

Ein wesentlicher Fortschritt war die Ausführung von zweistufigen Verbundmaschinen. Die Einführung der Verbund-Dampfmaschine (Mayrau-Schacht 1877) galt in weiten Kreisen noch als grosses Wagniss, obwohl ihre Hauptvorzüge: geringer Dampfverbrauch, vertheiltes Temperaturgefälle und vertheilter Druck, infolge deren die erwähnten Schwierigkeiten und ebenso die Nachteile der übermässig grossen Dampfleitungen, der Erwärmung des Wassers u. s. w. wegfallen, damals schon anerkannt waren. Die Dampfersparniss war ein wesentlicher Fortschritt im unterirdischen Maschinenbetriebe, weil sie viele der früher erwähnten Uebelstände, insbesondere die Belästigungen durch die Dampfwärme, beseitigt oder vermindert. Mit der Ausführung richtig bemessener Verbundmaschinen, ihrem geringen Dampfverbrauch im Zusammenhang mit vollständiger Dampfkondensation wurden die unterirdischen Maschinen erst brauchbar.

Während man früher nur das vermeintlich Einfachste für den unterirdischen Betrieb tauglich hielt, deshalb das Schlechteste aufstellte und damit in die erwähnten Unzuträglichkeiten gerieth, ist der wirkliche Fortschritt darin zu suchen, dass für den unterirdischen Betrieb nur die besten Dampfmaschinen, die in der vortheilhaftesten Weise mit hohen Kolbenge-

schwindigkeiten arbeiten, verwendet werden. Nur diese können die Nachteile des Dampfes als Energiemittel für unterirdische Betriebe mildern. Erst die ökonomisch arbeitenden Verbundmaschinen mit zuverlässigen Hochdruckpumpen haben den unterirdischen Dampfbetrieb im grossen lebensfähig gemacht. —

Mit den zunehmenden Maschinenleistungen wurden die grossen Niederdruckzylinder ein Hinderniss, und es musste mit Rücksicht auf die verfügbaren Schachtquerschnitte u. s. w. zur Theilung der Niederdruckzylinder übergegangen werden. Statt nun auf Dreikurbelmaschinen überzugehen, erschien es richtiger, Tandem-Zwillingsmaschinen auszuführen. Mit Maschinen solcher Bauart durchzudringen, hatte ich zuerst bei einigen mittleren, dann bei grossen Wasserhaltungsmaschinen, u. a. in Eschweiler und im Mansfelder Revier, Gelegenheit.

Ausserdem ist der Fortschritt im Bau von zuverlässigen, vollkommenen Kondensatoren zu erwähnen. Die Verwendung der Oberflächenkondensatoren für den unterirdischen Betrieb ist bei uns noch sehr im Rückstande; in Amerika sind sie, wie die späteren Beispiele zeigen, bei mässigen Schachttiefen hoch ausgebildet und werden mit Recht auch bei kleinen Anlagen viel verwendet.

Zu beachten ist noch der wesentliche Zusammenhang zwischen der Druckhöhe der Pumpen, die in einer Stufe zu überwinden ist, und der Dampfausnutzung und Dampfkondensation. Mit der zunehmenden Druckhöhe wird die Verwendung vollkommener, wenig Dampf verbrauchender Maschinen unerlässlich. Die Dampfmaschine darf, damit eine bestimmte Erwärmung des zu hebenden Wassers nicht überschritten wird, nur eine bestimmte Auspuffwärme in den Kondensator bringen. Bei Druckhöhen von 5—600 m arbeiten die Kondensatoren, wenn sie alles zu hebende Wasser für die Kondensation verbrauchen, schon fast mit der normalen Wassermenge, mit welcher die Kondensatoren gewöhnlicher Maschinen betrieben werden. Bei grösserer Druckhöhe wird die Wassermenge schon unzureichend; damit wächst der Dampfverbrauch und die Wassererwärmung, und schliesslich wird der Dampfbetrieb bei weiter steigender Druckhöhe und mit ihr wachsender Dampfleistung wegen der Erwärmung des zu hebenden Wassers überhaupt unmöglich. Bei grossen Schachttiefen führt daher die Entwicklung wieder auf den Uebelstand zurück, an dem die alten schlechten unterirdischen Dampfmaschinen scheiterten: die unzulässige Erwärmung des Wassers in der Grube.

Bevor auf weitere Fragen der Kraftvertheilung für unterirdische Betriebe eingegangen wird, soll noch die konstruktive Entwicklung der Wasserhaltungspumpen kurz gekennzeichnet werden.

Der Fortschritt im Pumpenbau ist wesentlich aus den zwingenden Forderungen des Wasserhaltungsbe-

triebes in Bergwerken hervorgegangen. Hier liegt die Sache umgekehrt wie bei den Dampfmaschinen. Während der Pumpenbau für Wasserwerke nur sehr langsam nach alten, meist schlechten Vorbildern sich entwickelte und noch immer nicht auf der Höhe angekommen ist, sondern in überlieferten Auffassungen steckt, vollzog sich der Fortschritt bei den Wasserhaltungspumpen ungleich schneller, wenn auch die rasch wachsenden eigenartigen Bedürfnisse lange Zeit hindurch zu sehr fehlerhaften Ausführungen Anlass gaben. Der Bergbau stellte neue schwierige Aufgaben, insbesondere indem er Hochdruckpumpen von grosser Leistung, raschen Pumpengang u. s. w. verlangte, und der Maschinenbau musste mit dem Ueberlieferten brechen, um die neuen Aufgaben des Bergbaues lösen zu können.

Anfänglich war auch bei Wasserhaltungen die Nachahmung der alten Wasserwerkspumpen üblich:

Kolbenpumpen mit Scheibenkolben wurden wegen ihrer geringen Baulänge und geringeren Kosten ausgeführt. Die Scheibenkolben hielten aber oft in unreinem Wasser bei hohem Druck nur tagelang, verursachten viele Störungen und haben ganz besonders dazu beigetragen, die unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen in schlechten Ruf zu bringen.

Nur mit Plungerpumpen waren die Aufgaben des Bergbaues zu lösen. Unreines, schmandiges Wasser ist die Regel, und der Betrieb darf auch bei ungewöhnlichen Verunreinigungen nicht versagen. Deshalb entsprechen nur Tauchkolben mit Stopfbüchsendichtung.

Bei der Ausbildung der Pumpen selbst liegt der Fortschritt in richtiger Wasserführung, richtiger Anordnung der Saug- und Druckwindkessel, Berücksichtigung der Beschleunigung der abwechselnd zu bewegenden Wassersäulen und sonstigen Massen, in richtiger Bemessung der Wandstärken, insbesondere an den Durchdringungsstellen, und vor allem in richtiger Ventilkonstruktion.

Grosse Fortschritte hat die ausführende Technik durch die Herstellung besonderer Konstruktionsmaterialien ermöglicht, insbesondere durch die Einführung des Stahlgusses. Ohne diesen wäre der Bau grosser Hochdruckpumpen sehr schwierig.

In der Entwicklung der Ventilkonstruktion ist von besonderer Wichtigkeit die Ausbildung der Ventile für raschen Gang durch Verbesserung der Ventilfehrung und der Ventildichtungen.

Einen wichtigen Fortschritt hat die Ausbildung der Ventile mit Zwangschluss ergeben, über die hier hauptsächlich zu berichten ist. Der Zwangschluss bietet das Mittel:

die Ventile beliebig zu entlasten, während Ventilgewicht oder künstliche Ventilbelastung zum richtigen freien Ventilschluss nothwendig sind;

widerstandsfreie Ventile herzustellen;

grosse Saughöhen zu überwinden;

alle Schwierigkeiten, Gefahren und Stösswirkungen, die aus dem nicht rechtzeitigen Ventilschluss hervorgehen, in den Ursachen vollständig zu beseitigen und damit

die Haltbarkeit der Ventile zu erhöhen.

Hervorzuheben ist, dass richtige Ventile und deren tadellose Funktion die vollkommenen Maschinen allein nicht ausmachen. Ventile mit Zwangschluss sind nur eines der Mittel, vollkommene raschlaufende Maschinen zu schaffen. Richtige Behandlung der zu bewegenden Wassersäulen, Beherrschung der Massenwirkungen überhaupt, sowie Ausbildung aller Einzelheiten für raschen Dauerbetrieb sind die weiteren Mittel, und daran schliesst sich die Berücksichtigung der eigenartigen bergtechnischen Forderungen. In dieser Hinsicht fehlt es noch vielfach am richtigen Zusammenarbeiten der Maschinentchnik mit dem Bergmann.

Im Nachfolgenden ist versucht, die

Entwicklung der unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen mit gesteuerten Ventilen

in den letzten zehn Jahren durch Beispiele zu kennzeichnen.

Herr Bergrath Bacher in Kladno war der erste, der Pumpen mit gesteuerten Ventilen für Wasserhaltungsbetriebe anwendete, und zwar im Jahre 1878

beim Neubau einer Reservewasserhaltung für den Amalien-Schacht für 300 m Druckhöhe; dann

beim Umbau der alten Wasserhaltung im Amalien-Schacht;

beim Neubau der unterirdischen Wasserhaltung im Mayrau-Schacht für eine Druckhöhe von 520 m;

beim Umbau von zwei unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen im gleichen Schacht;

bei den Neuanlagen des Max-Schachtes und

bei mehreren Maschinen für den Nucicer Erzbergbau.

Die genannten Anlagen gehören der Prager Eisenindustrie-Gesellschaft.

Sämtliche Maschinen wurden von der Maschinenfabrik Breitfeld, Danek & Co. in Prag gebaut und sind im wesentlichen in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Bd. 29 u. 32 veröffentlicht.

Dem thatkräftigen Vorgehen des Herrn Bacher ist die erste Anwendung des unterirdischen Dampftriebes im grösseren Massstabe, der erste unterirdische Betrieb von Verbund-Dampfmaschinen, sowie von Pumpen mit gesteuerten Ventilen und von Hochdruckpumpen für mehr als 500 m ungetheilte Druckhöhe zu danken.

Diesen Ausführungen bei Kladno schlossen sich

an: mehrere unterirdische Wasserhaltungsmaschinen im Ostrauer Kohlenbezirk, und zwar je eine Maschine

für den Peter Paul-Schacht der Kaiser Ferdinand-Nordbahn bei Michalkowitz:

Minutl. 1,4 cbm auf 248 m bei 70 Umdr. 2 doppeltw. Pumpen 98 mm, Hub 700 mm. Dampfmaschine 500 und 700 mm;

für den Hermenegild-Schacht der Kaiser Ferdinand-Nordbahn bei Poln. Ostrau:

Minutl. 4 cbm auf 310 m bei 60 Umdr. 2 doppeltw. Pumpen 140 mm, Hub 1000 mm. Dampfmaschine 700 und 1000 mm;

für den Bergbau der Kaiser Ferdinand-Nordbahn in Hruschau bei Mährisch-Ostrau:

Minutl. 4,5 cbm auf 282 m bei 75 Umdr. 2 doppeltw. Pumpen 166 mm, Hub 700 mm. Dampfmaschine 700 und 1000 mm;

ferner je eine Wasserhaltung für den Leopoldinen-Schacht in Miröschau bei Rokycan:

Minutl. 5 cbm auf 145 m bei 50 Umdr. 2 doppeltw. Pumpen 210 mm, Hub 800 mm, und

für den Wartinberg-Schacht bei Leoben:

Minutl. 2,7 cbm auf 200 m bei 45 Umdr. 2 Pumpen 150 und 125 mm, Hub 1000 mm. Dampfmaschine 650 und 950 mm.

Diese Ausführungen sind gleichfalls in der Zeitschr. d. V. deutsch. Ing. Bd. 32 veröffentlicht.

Es folgten dann einzelne Ausführungen von kleineren Wasserhaltungsmaschinen in Belgien und Frankreich, u. a.

für die Grube Salles et Montalet der Gesellschaft Mokhta el Hadid in Gagnières (Dep. du Gard):

Minutl. 1,8 cbm auf 300 m bei 60 Umdr. 2 einfachw. Pumpen 165 mm, Hub 750 mm;

für Schacht Mariehaye der Bergwerks-Gesellschaft Old-Mariehaye:

Minutl. 3 cbm auf 400 m bei 60 Umdr. 1 Pumpe 200 mm, Hub 500 mm. Tandem-Verbundmaschine;

für Schacht Yvoz der Gesellschaft Mariehaye:

Minutl. 3,3 cbm auf 190 m bei 60 Umdr. 1 Differenzialpumpe 210 mm, Hub 500 mm. Tandem-Maschine, und für die Grube Bois d'Avroy:

Minutl. 0,5 cbm auf 230 m bei 60 Umdr. Differenzialpumpe 140 und 90 mm, Hub 500 mm. Tandem-Maschine:

sämtlich gebaut von der Société J. Cockerill in Seraing.

Die erste Ausführung einer grösseren unterirdischen Wasserhaltungsmaschine mit gesteuerten Ventilen in Deutschland erfolgte für den Erzbergbau der Grube Rossbach (Nassau) durch die Gutehoffnungshütte in Sterkrade bei Oberhausen:

Minutl. 3,5 cbm auf 220 m bei 70 Umdr. 2 doppeltwirkende Pumpen 156 mm, Hub 700 mm.

Zwar haben alle diese Maschinen den Anforderungen entsprochen und waren für die damalige Zeit ein Fortschritt nicht nur durch die Geschwindigkeitssteigerung, sondern auch durch die Verbesserung mehrerer Einzelheiten, aber vieles daran war mangelhaft. Es fehlte damals noch die einheitliche Durchbildung der Anlagen und im Einzelnen auch die persönliche Erfahrung.

Erst in den 90er Jahren sind die auf grund vorangegangener Erfahrungen in allen Einzelheiten ausgebildeten Maschinen in grösserem Massstabe durchgedrungen, und zwar in allen österreichischen Bergbaubezirken, in Ober- und Niederschlesien, in Sachsen, in Rheinland und Westfalen; dann folgte in grossem Umfange der Bergbau der Vereinigten Staaten von Nordamerika und überseeischer Länder, welche von der amerikanischen Maschinenindustrie bedient werden.

Die Zahl der in diesem Jahrzehnt ausgeführten Wasserhaltungsmaschinen zwingt zu einer Beschränkung in der Darstellung. Alle Ausführungen darzustellen, wäre auch zwecklos, da sich die Konstruktionen in gleichartigen Fällen selbstverständlich gleichen.

Zur grösseren Uebersichtlichkeit ist das überreiche Material nach den Haupttypen geordnet. An die kleinen ein- und zweiachsigen reihen sich die grossen zwei- und mehrachsigen Maschinen, dann Maschinen ungewöhnlicher Bauart. Die neueren Ausführungen von Wasserhaltungsmaschinen für hohe Umlaufgeschwindigkeiten (minutlich 200—300 Umdrehungen) und unmittelbaren elektrischen oder Dampf-Antrieb finden später getrennte Behandlung.

Dieser neueste Fortschritt ist aus den Anforderungen der Elektrotechnik und dem Bedürfniss des Bergbaues hervorgegangen, die Vortheile der raschlaufenden Elektromotoren für den unterirdischen Betrieb richtig auszunutzen. Im Gegensatz zur bisherigen Entwicklung ist nunmehr die raschlaufende Pumpe der Dampfmaschine vorausgeeilt und nähert sich dem raschlaufenden Elektromotor.

Diese raschlaufenden Pumpen, „Express-Pumpen“, wie sie von den Amerikanern bezeichnend genannt wurden, sind eigentlich genau die Fortsetzung der früheren, nunmehr überholten raschlaufenden Pumpen mit gesteuerten Ventilen. Die „Express-Pumpen“ und ihre grossen Vortheile fangen da an, wo die ersteren aufhören, bei etwa 100 Umdrehungen in der Minute, und sind bisher schon bis auf 400 Umdrehungen minutlich bei tadellosem stossfreien Gange gebracht worden.