

II. Lokomotivsystemer.

Efter Princippet for Dampens Virkemaade i Lokomotivmaskinen skelner man imellem to Hovedsystemer af Damplokomotiver, nemlig de simple Højtrykslokomotiver og Høj- og Lavtrykslokomotiverne eller, som de ogsaa kaldes, »Compoundlokomotiverne«.

Begge Systemer kan arbejde enten med mættet eller med overhedet Damp.

Højtrykslokomotivet er som Regel udstyret med to lige store Dampcylindre, der hver for sig forsynes med Damp direkte fra Kedlen. Naar Dampen har udført sit Arbejde i Cylinderen, gaar den gennem Udgangsrør og Skorsten ud i det Fri, idet den sidste Rest af dens Arbejdsevne udnyttes til Frembringelse af Træk i Fyret, hvorved Forbrændingen paa Risten og dermed Dampproduktionen i Kedlen fremmes.

I den nyeste Tid har man i Udlandet forsøgsvis ogsaa bygget Højtrykslokomotiver med fire lige store Cylindre, navnlig med samtidig Benyttelse af overhedet Damp, men saadanne Lokomotiver har endnu ikke funden nævneværdig Udbredelse.

Det moderne, tocylindrede Højtrykslokomotiv, ogsaa kaldet »Tvillinglokomotivet«, er i Hovedprincippet ikke forskelligt fra det ældste, brugbare Lokomotiv »The Rocket«, som blev bygget af Engländeren Robert Stephenson og sat i Drift i Aaret 1829. Forskellen mellem dette Lokomotiv og de moderne Højtrykslokomotiver bestaar, bortset fra Forandringer i Anordningen af de enkelte Dele og fra konstruktive Forbedringer af Detailler, hovedsagelig kun deri, at de moderne Lokomotiver arbejder med højere Damptryk og har Kedler med langt større Hedeflader, hvilket atter har medført en betydelig Vægtforøgelse, som dog samtidig har sat Lokomotiverne i Stand til at præstere et langt større Arbejde.

Damptrykket, der i Midten af Trediveerne i forrige Aarhundrede kun androg ca. 3,5 kg pr. cm², er efterhaanden forøget til over det tredobbelte, idet et effektivt Damptryk af 12 kg pr. cm² nutildags er det almindelige ved Højtrykslokomotiver.

Det høje Damptryk er, som allerede paavist Side 30, økonomisk fordelagtigt, for saa vidt angaar Dampproduktionen i Kedlen. For at det ogsaa med Fordel skal kunne udnyttes i Maskinen, kræves, at Dampen i Cylindrene arbejder med saa stor Ekspansion (lille Fyldning), at den ikke bortfører for meget af sin Arbejdsevne til ingen Nytte ved at gaa for højspændt til Skorstenen. Dampens Tryk ved Slutningen af Ekspansionen maa altsaa ikke ligge for højt over Atmosfærens Tryk, og deraf følger atter, at Begyndelsestrykket og dermed Kedelspændingen maa holdes inden for en vis Grænse, der er afhængig af Størrelsen af den mindste Fyldning, som med Fordel kan anvendes ved Lokomotiver. Man regner i Almindelighed, at det er ufordelagtigt at anvende Fyldninger, som er mindre end 0,2 (²/₁₀ af Slagets Længde), fordi de benyttede Lokomotivstyringer ved endnu mindre Fyldninger giver for tidlig Udstrømning og for stor Kompression, hvorved det af Dampen udførte Arbejde formindskes til Skade for Økonomien.

Stor Ekspansion medfører ogsaa forøget Varmetab i Cylindrene. Dette Varmetab hidrører dels fra den Afkøling, som Cylindre og Gliderkasser modtager fra den omgivende Luft, og dels fra Vekselvirkningen imellem Dampen og Cylindervæggene, som har den største Betydning, og som fremkommer ved, at Cylindervæggens Temperatur er lavere end Dampens Begyndelses- og højere end dens Slutningstemperatur. Den omtalte Vekselvirkning ytrer sig paa den Maade, at der først, naar Dampen under Indstrømningen i Cylinderen kommer i Berøring med de koldere Cylindervægge, sker en Fortætning af en Del af den til Vand, og at dette Vand senere, naar Dampens Temperatur ved Slutningen af Ekspansionen og under Udstrømningen synker ned under Cylindervæggens, genfordampes ved Varme, der afgives af disse. Den Del af Dampen, der fortættes under Indstrømningen, gaar for Størstedelen tabt for Virkningen og giver Anledning til et ikke ubetydeligt Varmetab. Da Cylindervæggens Temperatur bliver desto lavere i Forhold til den indstrømmende Damp, jo større Ekspansion der benyttes, fordi Formindskelsen af Indstrømningens Varighed forkorter den Tid, i hvilken den fra Kedlen kommende Damp virker opvarmende paa Cylindervæggene, vil det ses, at Varmetabet vokser med Ekspansionsgraden.

De foran behandlede Egenskaber ved Højtrykslokomotivet bevirker, at det ikke kan betale sig at anvende højere Damptryk end 12 kg pr. cm² ved dette Lokomotivsystem.

Kompoundlokomotivet adskiller sig fra det simple Højtrykslokomotiv derved, at Dampen paa Vejen fra Kedlen til Skorstenen arbejder i to Cylindre efter hinanden i Stedet for i en enkelt Cylinder. Den friske Kedeldamp strømmer først ind i Højtryks-cylinderen og efter at have arbejdet der ud i en Beholder, den saakaldte »Receiver« (Modtager), hvorfra den gaar videre til Lavtrykscylinderen. Naar den er udnyttet i denne, gaar den ud i det Fri. Receiveren kan betragtes som en særlig til Lavtrykscylinderen hørende Kedel; den gøres i Reglen mindst 1½ Gang saa stor som Højtrykscylinderen, for at Dampens Tryk ikke skal variere for stærkt i den. Da Lavtrykscylinderen stadig skal modtage hele den Dampmængde, som har forladt Højtrykscylinderen, maa den Del af Lavtrykscylinderens Rumfang, som ved hvert Stempelslag under Indstrømningen fyldes med Damp, paa det nærmeste være lige saa stort som Rumfanget af hele Højtrykscylinderen, og da den af Lavtrykscylinderen modtagne Dampmængde endvidere under Ekspansionen skal udvide sig til sit dobbelte eller tredobbelte Rumfang, maa Lavtrykscylinderens Størrelse være 2 à 3 Gange Højtrykscylinderens. Iøvrigt fastsætter man Forholdet imellem Cylindrene saaledes, at der saa vidt muligt præsteres lige stort Arbejde pr. Stempelslag i begge Slags Cylindre, navnlig ved den Fyldningsgrad i Højtrykscylinderen, som anvendes hyppigst under normal Kørsel.

Ved den beskrevne Deling af Dampens Arbejde imellem to paa hinanden følgende Cylindre opnaas den Fordel, at den samlede Ekspansion af Dampen kan gøres større end i Højtrykslokomotivets uafhængig af hinanden arbejdende Cylindre, uagtet der i begge Kompoundlokomotivets Cylindre arbejdes med en større og for Styningen gunstigere Fyldningsgrad. Heraf følger atter, at Høj- og Lavtryksmaskinen er i Stand til med Fordel at udnytte et større Kedeltryk end den simple Højtryksmaskine, og man finder derfor ogsaa hyppig Kedelspændinger paa 15 à 16 kg pr. cm² anvendt ved Kompoundlokomotiverne.

En yderligere Fordel ved disse Lokomotiver er Formindskelsen af det tidligere omtalte Varmetab i Cylindrene. Dette Tab bliver mindre end i Højtrykslokomotivet, fordi der saavel i Højtryks- som i Lavtrykscylinderen er mindre Forskel paa Trykket og alt-

saa ogsaa paa Temperaturen af den ind- og udstrømmende Damp (se Side 23—24).

Cylindervæggens Temperatur kommer derfor til at ligge nærmere ved den indstrømmende Damps, og derved formindskes den skadelige Fortætning af Dampen til Vand. Virkningen heraf er en Formindskelse af Dampforbruget, som i Forbindelse med Fordelene ved Anvendelsen af et højt Kedeltryk frembringer en Kulbesparelse, der kan anslaaes til 10 à 12 Procent.

Endelig bevirker det mindre Trykfald i Cylindrene, at Arbejdstrykket paa Stemplet ikke varierer saa stærkt i Løbet af Stempelslaget som ved det med større Ekspansion i hver enkelt Cylinder arbejdende Højtrykslokomotiv, og derved bliver Maskindelenes Paavirkning mere jævn, hvilket er til Gavn for Maskinen.

En Svaghed ved det to-cylindrede Kompoundlokomotiv er, at det ikke kan gaa i Gang, naar Maskinen staar saaledes, at Kedeldampen ikke kan faa Adgang til Højtrykscylinderen. For at bøde paa denne Mangel har man konstrueret en hel Række af Igangsætningsapparater, hvis Opgave det er at slippe Kedeldamp af formindsket Tryk direkte ind i Lavtrykscylinderen, saa at denne Cylinder alene kan besørge Igangsætningen. Ofte sættes Igangsætningsapparatet automatisk ud af Virksomhed, naar Højtrykscylinderen modtager Kedeldamp, og Høj- og Lavtryksvirkningen kan begynde.

Saadanne Igangsætningsapparater kan heller ikke undværes ved de firecylindrede Kompoundlokomotiver, endskønt Dampen ved disse Lokomotiver altid har Adgang til mindst den ene Højtrykscylinder, fordi denne Cylinder alene ikke er i Stand til at sætte de svære Tog i Gang, hvormed den omhandlede Art af Maskiner belastes (se Side 144).

Tanken om at anvende Høj- og Lavtryksprincippet ved Lokomotiver opstod allerede i Aaret 1834, men den blev ikke virkeliggjort, før Ingeniør Anatole Mallet fra Genf i 1876 fik bygget det første Kompoundlokomotiv. Siden den Tid har der været Fart i Udviklingen, og der er fremkommen forskellige Konstruktioner, som navnlig adskiller sig fra hverandre ved Cylindrenes forskellige Antal og Anbringelse samt ved Maaden, paa hvilken Kraften overføres til Lokomotivets Hjulsæt.

Der er bygget Lokomotiver med een Højtryks- og een Lavtrykscylinder, med een Højtryks- og to Lavtrykscylindre, med to Højtryks- og een Lavtrykscylinder samt med to Højtryks- og to Lavtrykscylindre.

Af den sidste Art Lokomotiver findes en særlig Type, hvis Hjul er anbragte i to Trucker, af hvilke den ene bærer Højtryks- og den anden Lavtryks cylindrene. Saadanne Lokomotiver findes her i Landet ved Kolding—Egtved Banen.

Til Brug paa Hovedbaner bygges nutildags hovedsagelig kun Compoundlokomotiver med fire Cylindre, og til denne Kategori hører Statsbanernes nyeste Persontogslokomotiv Litra P, der med Hensyn til Ordningen af Cylindre og Glidere er i Overensstemmelse med det amerikanske System »Vauclain«.

Højtryks cylindrene ligger her inden for, Lavtryks cylindrene uden for Rammen, og en enkelt Stempelglider besørger Dampfordelingen til et sammenhørende Højtryks- og Lavtryks cylinderpar.

Kraften overføres fra Højtryks cylindrene til den forreste Drivaksel, der i den Anledning er forsynet med to Krumtapbugter, medens Kraften fra Lavtryks cylindrene virker paa den bageste Drivaksel. De to Aksler er koblede. Højtryks- og Lavtryks krumtapperne paa samme Side af Maskinen er fortsatte 180° for hinanden, og den ene Maskinsides Krumtapper staar vinkelret paa den andens.

I den forudgaaende Omtale af Højtryks- og Compoundlokomotiverne har det stedse været forudsat, at Maskinerne arbejdede med mættet Damp. Det er dog allerede nævnt, at man ogsaa kan bringe **overhedet Damp** i Anvendelse ved begge Lokomotivsystemer, og i det følgende skal der nu gøres nærmere Rede for den Indflydelse, som Dampens Overhedning har paa dens Forhold under Arbejdet i Maskinen.

Naar tilstrækkelig overhedet Damp, σ : Damp, som er overhedet til 320° à 350°, i Cylinderen kommer i Berøring med de koldere Cylindervægge, vil den opvarme disse paa Bekostning af sin Overhedningsvarme, men den vil, forudsat at der ikke bruges for lille Fyldning, ikke derved afkøles saa meget, at dens Temperatur synker ned til den Mætningstemperatur, som svarer til det forhaandenværende Damptryk, og som Følge deraf sker der ingen Fortætning. I den sidste Del af Ekspansionsperioden og under Udstrømningen finder der i saa Fald heller ikke nogen Genfordampning Sted af Fortætningsvand, og Cylindervæggene vil kun komme til at afgive en mindre Mængde Varme til Spildedampen, der endnu er let overhedet og leder Varmen slet (se Side 25). Cylindervæggens Middeltemperatur vil paa Grund af disse Forhold blive betydelig højere, end naar der arbejdes med mættet Damp, og Vekselvirkningen imellem Damp og Cylindervægge vil ikke give Anledning til de tidligere omtalte, store Varmetab. Denne Fordel i

Forbindelse med den Ejendommelighed ved den overhedede Damp, at den pr. Vægtenhed indtager et større Rumfang end mættet Damp af samme Tryk, bevirker en ikke ubetydelig Formindskelse af Dampforbruget, altsaa ogsaa en Kulbesparelse. Besparelsen forøges yderligere derved, at den overhedede Damp er »tør«, hvilket vil sige, at den ikke indeholder ufordampede Vandpartikler. Saadanne forefindes altid i større eller mindre Mængde i den mættede Damp, særlig naar der arbejdes forceret; i dette Tilfælde medrives de til Cylindrene, hvor de danner en Tilvækst til det alt der tilstedeværende Fortætningsvand, og herved foranlediges yderligere betydelige Varmetab.

Det er bleven indvendt imod den overhedede Damp, at dens Temperatur er for høj, naar den forlader Lokomotivets Skorsten, og at den derved giver Anledning til et Tab af Energi. Dette er ganske vist rigtigt, men Erfaringen viser, at Fordelene ved Overhedningen langt opvejer dette Tab.

Anvendelsen af overhedet Damp gør, som det vil ses af det udviklede, størst Nytte ved det simple Højtrykslokomotiv, men er dog ogsaa fordelagtig ved Compoundlokomotiverne.

Ligesom Høj- og Lavtrykssystemets Anvendelse ved Lokomotiver først sent fandt sin Løsning, saaledes gik det ogsaa med Anvendelsen af den overhedede Damp. Allerede i 1832 var den paa Tale ved stationære Anlæg, men først i 1895 lykkedes det Ingeniør Wilhelm Schmidt i Cassel at konstruere det første, brugbare Lokomotiv med Overhedning. Senere har Schmidt forbedret sine Konstruktioner, og han synes at have haft mere Held med sig end de mange andre, som har forsøgt sig i samme Retning.

Aarsagen til Problemets sene Løsning maa først og fremmest søges deri, at den tørre og stærkt ophedede Damp angriber og ødelægger saavel Maskindele og Pakningsmaterialier som specielt Smøremidlerne; nu om Stunder findes der imidlertid i Handelen syrefri Mineralsmøreolier med høj Antændelsestemperatur, der egner sig udmærket til dette Brug.

En anden Aarsag er de indskrænkede Pladsforhold paa Lokomotiverne samt disses hyppige, nødvendige Standsninger og Igangsætninger, som hindrer en jævn, stadig Overhedning.

Ihvorvel Dampens slette Varmeledningsevne er en Fordel i Cylinderen, medfører dette Forhold dog ogsaa Ulemper, idet det for at opnaa tilstrækkelig høj Grad af Overhedning er nødvendigt at splitte Dampen ad i saa mange fine Strømme som muligt og sørge for, at disse kommer i inderlig Berøring med Over-

hederens Hedeflader; dette gør Overhederen stor og indviklet og fordrer stor Plads.

Overhedningen sker som Regel ved, at Dampen paa sin Vej fra Regulator til Glider passerer Rør, der direkte ompilles af Fyrets Forbrændingsprodukter.

Saaledes er Forholdet ved Schmidts Røgrørsoverheder, der er anvendt i Statsbanernes Lokomotiver med Overhedning, Litra D_{II}.

Til at frembringe Overhedning af Dampen anvendes ved disse Lokomotiver kun den Del af Forbrændingsprodukterne, der passerer gennem de øverste, vandrette Rækker Kedelrør. De sædvanlige Kedelrør er her erstattede af femten Kedelrør af saa stor Diameter, at der inden i hvert af dem er Plads til fire Overhederrør, som Dampen alle maa passere paa sin Vej. Uden omkring Overhederrørens Ender er der i Røgkammeret anbragt en stor Kasse, der er forsynet med en drejelig Klap. Ved at aabne denne mer eller mindre kan Overhedningsgraden varieres; der finder ingen Overhedning Sted, naar Klappen er lukket, hvilket den altid skal være, naar Regulatoren er lukket.
