

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 35/36 (1900)
Heft: 1

Artikel: Ueber die Wahl der Spurweite für Lokal- und Trambahnen
Autor: Trautweiler, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-22021>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Abonnements-Einladung. — Ueber die Wahl der Spurweite für Lokal- und Trambahnen. — Maschinentechnische Rundschau, I. — Das Corso-Theater in Zürich, I. — Miscellanea: Die Promotions-Ordnung für die Erteilung der Würde eines Doktor-Ingenieurs durch die technischen Hochschulen Preussens, Ziegelsteine und Cement zur Fundamentierung von Dampfmaschinen. Die Luftdruck-Fernzündung für Strassenlaternen. Hartlöten von Gusseisen. Die 41. Hauptversammlung des Vereins

deutscher Ingenieure. Terrast. Die deutsche Bauausstellung in Dresden. — Konkurrenzen: Künstlerische Ausgestaltung der Charlottenburger-Brücke. Neubau einer evangelisch-lutherischen Kirche in Hannover. — Litteratur: Zahlenbeispiele zur statischen Berechnung von Brücken und Dächern. — Druckfehler-Berichtigung.

Hiezu eine Tafel: Das Corso-Theater in Zürich. Der Zuschauerraum.

Abonnements-Einladung.

Auf den mit dem 7. Juli 1900 beginnenden XXXVI. Band der *Schweizerischen Bauzeitung* kann bei allen Postämtern der Schweiz, Deutschlands, Oesterreichs und Frankreichs, ferner bei sämtlichen Buchhandlungen, sowie auch bei Herrn **Ed. Rascher, Meyer & Zeller's Nachfolger** in Zürich und bei dem Unterzeichneten zum Preise von 10 Fr. für die Schweiz und 12,50 Fr. für das Ausland abonniert werden. Mitglieder des Schweiz. Ingenieur- und Architektenvereins oder der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker geniessen das Vorrecht des auf 8 Fr. bzw. 9 Fr. (für Auswärtige) ermässigten Abonnementspreises, sofern sie ihre Abonnementserklärung einsenden an den

Zürich, den 7. Juli 1900.

Herausgeber der *Schweizerischen Bauzeitung*:

A. Waldner, Ingenieur,

Dianastrasse Nr. 5, Zürich II.

Ueber die Wahl der Spurweite für Lokal- und Trambahnen.

Von Ingenieur *A. Trautweiler* in Strassburg i. E.

Die Wahl der Spurweite für Bahnen niederer Ordnung war von jeher eine vielumstrittene Frage, und bei jeder neuen Nebenbahn nehmen die bezüglichen Meinungsverschiedenheiten das allgemeine Interesse lebhaft in Anspruch. Häufig sind aber die in diesem Streit ins Feld geführten Gründe anfechtbar und scheinen nicht immer auf ausreichender Erfahrung zu beruhen. Der Umstand, dass diese Frage von grosser Tragweite ist, und dass sie namentlich für die schweizerischen Verhältnisse einer besseren allgemeinen Abklärung bedarf, rechtfertigt es, sie hier zur Sprache zu bringen.

Im allgemeinen wird von den Eisenbahntechnikern die Schmalspur für Bahnen niederer Ordnung bevorzugt und dafür eine Reihe von theoretischen Erwägungen sowie die Ansicht von Autoritäten ins Feld geführt. Die an einem Bahnprojekt interessierte Bevölkerung hält aber meistens die Normalspur für zweckmässiger und die Industriellen befürworten sie wegen des unmittelbaren Wagenverkehrs mit der Hauptbahn. Es lässt sich nicht leugnen, dass diese Anschauung bisweilen den Eindruck macht, besser einem gesunden, „nicht durch Fachkenntnisse getrüben“ Urteile zu entsprechen, als die entgegengesetzte. Jedenfalls wäre es verfehlt, die Schmalspur grundsätzlich als die für Bahnen niederer Ordnung einzig richtige Lösung hinzustellen und nicht in jedem einzelnen Falle die Umstände sorgfältig zu prüfen, welche für die Wahl der Spurweite ins Gewicht fallen. Es muss hierbei aber von vornherein auch zugegeben werden, dass bisweilen Gründe der Einheitlichkeit eines grösseren Bahnnetzes oder des Anschlusses an ein solches den Ausschlag geben können.

Bevor wir auf den Kern unserer Frage eintreten, erscheint es wichtig, über die Unterscheidung der verschiedenen Arten von Bahnen niederer Ordnung, sowie ihre vielfach zweideutige und einigermaßen verwirrende Terminologie einige Bemerkungen vorzuschicken.

Die hauptsächlichsten für die verschiedenen Arten von Eisenbahnen und zur Unterscheidung ihrer Bedeutung gebrauchten Bezeichnungen lauten: Hauptbahn, Normalbahn, Normalspurbahn, Nebenbahn, Lokalbahn, Vizinalbahn, Sekundärbahn, Bahn untergeordneter Bedeutung, Strassenbahn, Schmalspurbahn, Trambahn, Kleinbahn, Tertiärbahn, Tramway, Tram.

Diese Begriffe bilden nur zum Teil Gegensätze, mehrere derselben decken sich teilweise, einzelne bedürfen noch der Präzisierung und können nicht wohl ohne gleichzeitige genaue

Definition, namentlich nicht in der Gesetzgebung oder überhaupt im Rechtswesen verwendet werden. Für die *gesetzliche* Unterscheidung erscheint es zweckmässig und ausreichend, die Eisenbahnen in drei Kategorien einzuteilen: Bahnen erster, zweiter und dritter Ordnung, in Deutschland bzw. Preussen: Hauptbahnen, Nebeneisenbahnen und Kleinbahnen. Die Bezeichnung „Nebeneisenbahn“ ist nicht besonders glücklich, weil sie einseitig ein Verhältnis zur Hauptbahn angibt.¹⁾

Mit Rücksicht auf die Bedeutung für den Verkehr dürfte folgende Unterscheidung am zweckmässigsten sein: *Hauptbahn, Lokalbahn* und *Trambahn*. Neben der *Hauptbahn*, deren Definition hier überflüssig sein dürfte, haben wir jene kleineren, nur lokalen Interessen dienenden Linien, bei denen man sich mit geringeren Leistungen begnügen kann, die aber im grossen ganzen eine ähnliche Verkehrsorganisation aufweisen wie die Hauptbahnen und namentlich auch fast alle auf der Hauptbahn zulässigen Güterkategorien befördern. Die *Lokalbahn* entsteht in der Regel auf Grund volkswirtschaftlicher Anregung und nicht im Sinne eines gewinnversprechenden Unternehmens. Wenn sie ihren Zweck gut erfüllen soll, so müssen ihre Betriebseinrichtungen und ihre staatliche Beaufsichtigung frei sein von Engherzigkeit und Schablonenmässigkeit. Es muss besonders vermieden werden, die Einrichtungen der Hauptbahnen bloss in etwas verjüngtem Masstabe für die Lokalbahn zu kopieren. Eine besondere Gesetzgebung für diese Kategorie von Bahnen ist dringend notwendig. Diesem Bedürfnis kann unseres Erachtens eine Verordnung im Sinne der „Bahnordnung für die Nebeneisenbahnen Deutschlands“ nicht genügen. Dagegen wird dasselbe in weitgehendem Masse befriedigt durch das preussische Kleinbahngesetz. Was wir hier als „*Lokalbahn*“ bezeichnen, heisst in Frankreich ebenso zutreffend „*Chemin de fer d'intérêt local*“.

Als dritte Kategorie sind die *Trambahnen* (in Frankreich „*Tramways*“) zu unterscheiden. Dieselben dienen fast ausschliesslich dem Personenverkehr, den sie an vielen Punkten von der Strasse aufnehmen. Die Betriebseinrichtungen sind hier so einfach wie möglich und der Verkehr ist frei von jeder Formalität. Die Trambahnen durchziehen vorwiegend dichtbevölkerte Gebiete und liegen meist auf der öffentlichen Strasse. Sie haben wieder mehr den Charakter eines auf Gewinn berechneten Unternehmens.

Während die *Hauptbahn* unter den heutigen Verhältnissen nur als normalspurige Eisenbahn gedacht werden kann, ist die Grösse des Spurmasses für die Unterscheidung

¹⁾ Im schweizerischen Nebenbahngesetz ist der Ausdruck *Nebenbahn* missverständlich für sämtliche Bahnen niederer Ordnung angewandt. Der Ausdruck *Nebeneisenbahn* ist in Deutschland erfunden worden und gilt dort nur für Bahnen *zweiter* Ordnung, ja er dient teilweise gerade zur Unterscheidung der letzteren von Kleinbahnen.

der andern beiden Kategorien ganz bedeutungslos. Es giebt zahlreiche *Lokalbahnen* mit Normalspur aber auch weitaus die grösste Anzahl der Bahnen dritter Ordnung, der *Trambahnen*, ist normalspurig. Es ist also von vornherein falsch, wenn man die Bedeutung solcher Bahnen niederer Ordnung nach der Spurweite bemisst, wenn man sie in der Gesetzgebung, für die Bemessung der Staatsbeihilfe oder überhaupt anders als vom rein technischen Gesichtspunkte aus, nach der Spurweite klassifiziert.

Die Beurteilung auf Grund der *Spurweite* ist deswegen für viele sehr naheliegend, weil das Spurmaass ein konkretes, in die Augen fallendes Unterscheidungsmerkmal bildet, während der *Betriebscharakter* einer solchen Bahn, dessen Verständnis gewisse betriebstechnische Kenntnisse voraussetzt, für den Laien kein auffallendes Unterscheidungsmerkmal bieten kann. Und doch ist der Betriebscharakter dasjenige Element, welches bei der Klassifizierung den Ausschlag geben und auch bei der Entstehung eines Projektes stets im Vordergrund aller Erwägungen stehen sollte.

Die *Waldenburger-Bahn* mit ihrer Spurweite von 75 cm, ihrem Tarifsyst. den zwei Personenklassen, dem der Hauptbahn nachgebildeten Abfertigungsverfahren hat viel mehr den Charakter einer Normalbahn als z. B. die *normalspurigen Strasseneisenbahnen* von Hamburg. Jenes ist eine Lokalbahn, dieses sind Trambahnen. Es ist nun freilich hiermit nicht gesagt, dass diese Unterscheidung stets zutreffend sei und dass eine Linie nicht beide Betriebscharaktere vereinigen könne. Im Gegenteil, es erscheint wünschenswert, dass hier jede Pedanterie einer dem Bedürfnisse vollständig angepassten Betriebsweise weiche, und dass auch die Hauptbahnen im Anschlussverkehr diesen besonderen Verhältnissen der Bahnen niederer Ordnung Rechnung tragen und sie nicht zur Einführung aller erschwerenden Förmlichkeiten des Hauptbahnverkehrs nötigen.

Wenn eine Lokalbahn, die bei einer bedeutenderen industriellen Ortschaft (von etwa 10000 Einwohnern) von der Hauptbahn abzweigt, zuerst auf mehrere Kilometer eine dichtbevölkerte Gegend durchzieht und erst nachher noch vereinzelte Dörfer berührt, so sollte angestrebt werden, die erstere Strecke als *Trambahn* zu betreiben und vermittelst häufiger verkehrender, ganz leichter Züge oder elektrischer Motorwagen reichliche Fahrgelegenheit zu bieten. Daneben können *gemischte* und *Güterzüge* aus schwererem Material die ganze Bahn durchlaufen. Ob diese normal- oder schmalspurig zu bauen sei, ist erst nach eingehender Prüfung der Verhältnisse zu entscheiden und zwar muss diese Prüfung zunächst mit dem Versuche beginnen, ein normalspuriges Projekt zu entwerfen.

Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass die bisher gebauten Lokalbahnen im allgemeinen zu sehr von der Schablone der Hauptbahn beeinflusst waren. Es sind meistens kleine Eisenbahnen, die hauptsächlich deshalb vielfach dem gesunden Mutterwitz des Volkes als Ziel dienen, weil sie die Förmlichkeiten und das ganze Verhalten der grossen Linien kopiert haben. Freilich sind sie hieran nicht allein schuld. So lange z. B. alles, was auf eisernen Schienen läuft, nach dem nämlichen Gesetz reglementiert wird, ist es unendlich schwer, zwischen den Paragraphen hindurch einen Ausweg zu finden, um die Betriebsweise und die Förmlichkeiten einfachen Verhältnissen anzupassen.

Diese Uebelstände sind in der ziemlich reichen Litteratur über die Bahnen niederer Ordnung schon oft hervorgehoben worden. Auch an vergleichenden Studien zwischen Normal- und Schmalspurbahnen ist die Litteratur reich, aber man begegnet darin vielfach vorgefassten Meinungen, einseitiger Behandlungsweise und einer vorwiegenden Berücksichtigung der Baukosten bei nicht genügender Würdigung besonderer Betriebsverhältnisse, namentlich bei *elektrischem* Betriebe.

Das im Jahr 1873 erschienene Buch von M. M. v. Weber „Die Praxis des Baues und Betriebes der Sekundärbahnen mit normaler und schmaler Spur“ ist zwar heute veraltet, enthält aber immer noch eine Fülle treffender Erwägungen und interessanter kritischer Bemerkungen hinsichtlich der Wahl der Spurweite, — Das letztere trifft auch für das

Buch von W. Hostmann „Bau und Betrieb der Schmalspurbahnen“, sowie dasjenige von Haarmann „Die Kleinbahn“. Ebenso finden sich vielfach Erörterungen über die vorliegende Frage in den Verhandlungen der internationalen Strassenbahnkongresse. Die neueste litterarische Erscheinung auf diesem Gebiete ist eine sehr eingehende Studie von J. Martin, die eine Vergleichung zwischen der Normalspur und der Meterspur zum Gegenstande hat. (Uebersetzt in den „Mitteilungen des Vereins für die Förderung des Lokal- und Strassenbahnwesens“ von Ingenieur A. Ziffer, Jahrg. 1898 und 1899) Gerade diese letztere Arbeit, die sehr mannigfaltige Beiträge zur Beurteilung der vorliegenden Frage bietet, ist aber geeignet, unrichtigen Anschauungen Vorschub zu leisten. Sie behandelt ausschliesslich die beim Bau durch Anwendung der Schmalspur statt der Normalspur zu machende Ersparnis und lässt die Betriebsverhältnisse ganz aus dem Spiele. Aber auch beim Vergleich der Baukosten werden die *üblichen* Typen für die Bahnanlage und die Betriebsmittel bei den zwei wichtigsten Spurweiten der Berechnung zu Grunde gelegt. Diese Typen sind aber, genau beschen, durchaus nicht immer eine Konsequenz der Spurweite und deshalb ist es ratsam, die Ergebnisse der Martin'schen Vergleiche mit grosser Vorsicht anzuwenden.

Wenn z. B. der Oberbau für das meterspurige Geleise im Vergleich zur Normalspur um 31 % billiger ermittelt wird, so handelt es sich dabei selbstredend um zwei Geleise von ganz verschiedenem Gewicht und verschiedener Tragfähigkeit. Die Spurweite spielt dabei fast gar keine Rolle.

In der Regel werden für die *Schmalspur* gegenüber der Normalspur ins Feld geführt:

1. Geringere Anlagekosten aus folgenden Gründen: a. bessere Ansmiegung an das Terrain; b. geringere Breite des Bahnkörpers; c. geringeres Gewicht des Oberbaues; d. leichtere Betriebsmittel.

2. Geringere Betriebskosten wegen: a. geringerer Fahrgeschwindigkeit; b. geringerer Reibungswiderstände; c. günstigeren Verhältnisses der Nutzlast zu toten Last; d. einfacherer Verwaltung; e. Verminderung der Rangierarbeit.

3. In gewissen Beziehungen grössere Leistungsfähigkeit, nämlich: a. hinsichtlich der Anschlüsse an industrielle Etablissements bei schwierigen Krümmungen und Steigungen; b. wegen der leichteren Verschiebbarkeit der Wagen von Hand.

Dagegen wird zu Ungunsten der *Schmalspur* folgendes geltend gemacht:

1. Das Umladen der Güter vermindert die Leistungsfähigkeit der *Schmalspur*; 2. Geringere Stabilität der Fahrzeuge bei der *Schmalspur*; 3. Ausschluss einzelner Güterkategorien vom Transport auf der *Schmalspur*; 4. Beschränkte Leistungsfähigkeit für militärische Zwecke.

Diese einzelnen Argumente sollen hier einer kurzen Kritik unterzogen werden.

Billigere Anlage der Schmalspurbahn. Die durch Anwendung der Meterspur an Stelle der Normalspur erzielbaren Ersparnisse erreichen nach verschiedenen Autoren bis 40 %. Martin hat an einem Beispiel einer 80 km langen Linie in „ziemlich koupiertem Terrain“ 37 % Ersparnis ausgerechnet, wenn die Planumsbreite des Unterbaues für die Meterspur von 4,3 m auf 3,6 m reduziert wird. Behält man die 4,3 m bei, so beträgt die Ersparnis noch 29 %. Behält man auch das Tracé der Normalspur für die Meterspur bei, so ergeben sich 8 % und reduziert man wiederum unter Beibehaltung des Tracés die Planumsbreite auf 3,6 m, so resultieren 18 % Ersparnis.

Bei der Planumsbreite von 4,3 m und gleichem Tracé für die Meterspur wie für die Normalspur sind auf den einzelnen Rubriken der Bauausgaben ungefähr folgende Ersparnisse zu machen: Grundeinlösung 10 %, Unterbau 10 %, Oberbau 11 %, Gebäude 6 %. Man sieht, dass in diesem Falle die Ersparnisse nicht bedeutend sind. Die Betriebsmittel erfordern bei der *Schmalspur* einen kleinen Mehraufwand.

In der Regel wird aber die schmälere Plattform von 3,6 m, die noch als reichlich gelten kann, ausreichen. Die besondere Tracé-Ermittelung fällt jedoch nur ins Gewicht, wenn das Gelände ziemlich koupiert ist, und man nicht aus besonderen Gründen die Bahn auf eine vorhandene Strasse

legt oder doch an dieselbe anlehnt. Letzteres wird sich immer empfehlen, wo dicht bevölkerte Gegenden einen *Trambahn*betrieb als wünschenswert erscheinen lassen und eine gute Leistung für den *Personen*verkehr die Hauptsache ist.

Wenn man genötigt ist, gute Betriebsergebnisse (Reinüberschüsse) zu erzielen — und das wird bei jeder derartigen Bahn, bei der nicht die Verzinsung des Kapitalaufwandes gegenüber den volkswirtschaftlichen Zwecken in den Hintergrund tritt, der Fall sein — so muss man den *Personen*verkehr, welcher im Verhältnis zum Aufwand grössere Beträge abwirft als der *Güter*verkehr, bevorzugen. Dies geschieht durch die Einrichtung eines *Trambahn*betriebes, bei dem Güter nur insoweit befördert werden, als sie sich zur Mitnahme in den *Trambahn*zügen eignen. Nebenbei können immerhin noch, ausserhalb des regelmässigen Betriebes, Güterzüge für Massentransporte oder die Ueberführung von Wagen nach industriellen Etablissements eingerichtet werden.

Der Zugskilometer der *Trambahn* kommt bei elektrischem Betrieb auf 35 bis 50 Cts. zu stehen je nach der Anzahl der mitgeführten Wagen, sogar bei Dampftrieb wird man noch mit 80 Cts. bis 1 Fr. auskommen können, während die grösseren Züge bei Lokalbahnen einen Aufwand von wenigstens 1 Fr. per Zugskilometer erfordern. Bei diesem Mehraufwand spielt der *Güter*-Transport eine wichtige Rolle. Derselbe bedarf meist bewachter Stationsanlagen und Lagerräume. Die schweren Güterwagen erfordern auch einen schwereren Bau der mit ihnen in die Züge einzustellenden *Personen*wagen. Die ganze Betriebsweise nimmt unausweichlich den Charakter des Hauptbahnbetriebes an. Der *Personen*verkehr wird aber benachteiligt durch geringere Fahrgeschwindigkeiten, längere Aufenthalte auf den Stationen und grössere Entfernungen der letzteren vom Mittelpunkt der bedienten Ortschaften. Solche Bahnen leisten im *Güter*verkehr bisweilen trotzdem nichts Erhebliches, wenn sie nicht Fabrikanschlüsse mit Massentransporten bedienen können. Bei ihren Einzeltransporten spielt der Rollfuhrverkehr zwischen Station und Domizil eine im Verhältnis zur ganzen Transportleistung zu bedeutende Rolle. Dies trifft namentlich zu für kleinere Lokalbahnen bis etwa 15 km Länge. Beim Vorhandensein guter Strassen können Fuhrunternehmer unter Umständen die Konkurrenz solcher Bahnen wohl aushalten. Man muss also der Leistungsfähigkeit bezüglich des *Güter*verkehrs nicht eine zu grosse Bedeutung beilegen. Unter Umständen würde man aus diesen Gründen kompliziertere Richtungsverhältnisse und stärkere Steigungen nicht zu scheuen brauchen und könnte die Bahn mit grösserem Vorteil an vorhandene Strassen anlehnen. Damit fällt aber die freie Wahl des Tracés dahin und somit auch der wichtigste Umstand, welcher bei der Schmalspur die Ersparnisse gegenüber der Normalspur begründet.

Beim Oberbau können durch Anwendung der Schmalspur nur Ersparnisse von sehr geringer Bedeutung gemacht werden. Wenn man zwar die Normalspur aus dem Gesichtspunkte wählt, einen direkten Uebergang der Güterwagen von der Hauptbahn ab zu ermöglichen, so muss der Oberbau Radrücken von 5—7 t gewachsen sein, und dies erfordert Schienen von 24—30 kg Gewicht per m. Leichtere Schienen werden aber auch bei der Meterspur nur noch selten angewendet und sind namentlich da nicht zu empfehlen, wo elektrischer Betrieb in Frage kommt. Die Spurweite hat somit auf das Gewicht des Oberbaues keinen grossen Einfluss. — Die Betriebsmittel werden im allgemeinen bei der Schmalspur teurer als bei der Normalspur. Die geringere Breite der *Personen*wagen ist ungünstig für eine vorteilhafte Ausnutzung des Raumes.

Es sind nach dem Gesagten Gründe genug vorhanden, um vor unüberlegten Schlussfolgerungen auf Grund der *Martin'schen* Ersparnisoeffizienten zu warnen und zu betonen, dass die Anwendung der *Schmalspur* nur bei besonderen Verhältnissen wesentliche Ersparnisse für den Bau mit sich bringt. Solche Verhältnisse sind nicht die Regel, sondern Ausnahmen. Die vielfach hervorgehobenen billigen Ausführungen sind meist nicht der Wahl der Spurweite, sondern der Wahl des Betriebscharakters der betreffenden Linie zu verdanken. (Schluss folgt.)

Maschinentechnische Rundschau.

Die neuesten Fortschritte der Dampfmaschine.

I.

Bekanntlich setzt auch die beste Dampfmaschine nur einen kleinen Teil der zugeführten Wärme in Arbeit um. Die Gründe für den schlechten Effekt liegen einerseits darin, dass die auf dem Rost erzeugte Wärme von hoher Temperatur beim Uebergang in den Kessel bereits den grössten Teil ihres Temperaturgefälles verliert und mit einer verhältnismässig niedrigen Temperatur in die Dampfmaschine eintritt, so dass sie nur mit einem geringen Temperaturgefälle arbeitet; auf der andern Seite trägt der Umstand eine wesentliche Mitschuld daran, dass sich beim Eintritt in den Cylinder ein grosser Teil des Dampfes an den Wänden niederschlägt. Diese beiden Verlustquellen sind längst erkannt, und auf diese beiden Punkte haben auch die Konstrukteure ihre Bemühungen gerichtet und dabei langsame aber sichere Erfolge erzielt.

Eine Vermehrung des Temperaturgefälles strebte man durch Anwendung immer höherer Dampfspannungen an. Dabei hat nun aber der Dampfkessel, der den höheren Spannungen gewachsen bleiben soll, auch ein Wort mitzusprechen. Wir sind bereits bei Spannungen angelangt (10—12 Atmosphären), die für die aus triftigen Gründen so beliebten Flammrohrkessel anfangen recht unbequem zu werden. Die Flammrohre hat man zwar gelernt, durch Anwendung von gewellten Rohren auch gegen höhere Pressungen widerstandsfähig zu machen; allein für die Mäntel und Böden werden bereits sehr erhebliche Blechstärken notwendig. Die Wasserröhrenkessel sind allerdings für höhere Spannungen recht gut geeignet, leiden aber an gewissen Nachteilen, weshalb man sich gegen ihre allgemein Anwendung sträubt. Es ist somit nicht möglich, durch Erhöhung des Dampfdruckes wesentliche fernere Fortschritte zu erzielen.

Um den Wärmeaustausch zwischen Dampf und Cylinderwand und die daraus sich ergebende Kondensation beim Einströmen zu vermindern, wendet man neben dem Dampfmantel die mehrstufige Expansion an. Die Maschine mit zwei hintereinander geschalteten Cylindern, die Verbundmaschine, die zur Zeit für die Lokomotiven allgemein eingeführt zu werden im Begriff steht, ist für grosse stationäre und Schiffs-Maschinen bereits ein überwundener Standpunkt. Für diese bildet die dreistufige Expansion die Regel. Man hat sogar schon die Quadrupelmaschine versucht, die sich aber bei den jetzt üblichen Dampfspannungen nicht bewährte. Der Vorteil, den die vierstufige Expansion bieten kann, wird aufgezehrt durch die grössere innere Reibung und durch die stärkere Einwirkung der vergrösserten Fläche der Cylinderwandungen. Somit ist man also auch hier bereits an der Grenze des einstweilen Erreichbaren angelangt.

Der Dampfmaschinenbauer, der dem Physiker sein Leid klagt, kann möglicherweise die Frage hören: „Ja, warum machen Sie denn nicht Ihre Cylinder aus einem schlechten Wärmeleiter, z. B. aus Hartglas?“ Damit wäre allerdings wenigstens dem Prinzip nach ein Weg angedeutet, auf dem ein weiterer Fortschritt erstrebt werden könnte; schade nur, dass er zur Zeit als unbegehbar angesehen werden muss, weil wir dass Gusseisen durch kein anderes Material zu ersetzen in der Lage sind. Zwar kann sich der Verfasser erinnern, vor vielen Jahren von Versuchen französischer Ingenieure gelesen zu haben, bei denen in der That ein Schritt in dieser Richtung gethan wurde. Die Innenflächen der Dampfkanäle und der Cylinderdeckel, sowie beide Kolbenflächen, wurden mit Bleiblech überkleidet und damit günstige Ergebnisse erzielt. Warum das Mittel trotzdem nicht in Aufnahme kam, lässt sich leicht erraten: es wird sich eben als unmöglich erwiesen haben, den Bleiüberzug dauernd sicher zu befestigen.

Mit besserem Erfolge lässt sich ein anderes Mittel anwenden, das nach beiden Richtungen zugleich Besserung schafft. Dieses besteht in der Anwendung überhitzten Wasserdampfes. Wird der Dampf vom Kessel weg vor seinem