

16. Ergebnisse - Querverbindungen - Schlußfolgerungen

16.1. Deutschland

Der DRB stand kein für hohe Geschwindigkeiten uneingeschränkt tauglicher Stromabnehmer zur Verfügung. Konnte man bei Verwendung von Aluminiumschleifstücken hoffen, eine für höhere Geschwindigkeiten brauchbare Bauart verwirklichen zu können, erwiesen sich sowohl die auf Kohleschleifstücke umgerüsteten Stromabnehmer als auch die neueren Bauarten mit Kohleschleifstück für Geschwindigkeiten von mehr als 120 km/h als unbrauchbar. Erst in den fünfziger Jahren gelang es, einen bis 160 km/h verwendbaren Scherenstromabnehmer mit Doppelwippe zu konstruieren. Den Geschwindigkeitsbereich bis 200 km/h beherrscht man mit einem Anfang der sechziger Jahre entwickelten leichten Stromabnehmer österreichischer Konstruktion. Ein weiterentwickelter Einholmstromabnehmer ermöglicht beim ICE eine gute Stromabnahme bei Geschwindigkeiten über 400 km/h.

Am Anfang des Fahrleitungsbaus für hochgespannten Einphasenwechselstrom stehen Firmenbauarten: AEG und SSW bauten zunächst festes Kettenwerk oder Einfachfahrleitung ein, ab etwa 1910 AEG nachgespanntes Kettenwerk, SSW ein aus festem Tragseil, festem Zwischentragdraht und nachgespanntem Fahrdraht bestehendes Verbundkettenwerk und BEW ein aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht gebildetes Kettenwerk; die Fahrleitungsbauarten anderer Firmen blieben für die Weiterentwicklung ohne Bedeutung. Ab 1923 baute die DRB ein aus festem 50 mm² Stahltragseil und nachgespanntem 100 mm² Kupferfahrdraht bestehendes Kettenwerk ein, was in den Fahrleitungsvorschriften 1924 und 1926 festgeschrieben ist. Da sich die Einheitsfahrleitung 1931 für Geschwindigkeiten von mehr als 120 km/h als ungeeignet erwies, baute man bei Neuelektrifizierungen verschiedene Versuchsbauarten ein: Mitte der dreißiger Jahre unter anderem Fahrleitungsbauarten mit festem Tragseil, nachgespanntem Fahrdraht und Y-Beiseil oder einem Federhänger am Stützpunkt, weiter nachgespanntes Kettenwerk; Ende der dreißiger Jahre vollelastische Bauarten. Die Eingliederung der BBÖ in die DRB mit der Schaffung des "Reichsstromabnehmers" führte in der Geraden zur windfesten, im Gleisbogen zur windschiefen Fahrleitung.

Da auch all diese auf der Einheitsfahrleitung 1931 aufbauenden weiterentwickelten Fahrleitungsbauarten für hohe Geschwindigkeiten ungeeignet und die als vollelastisch bezeichneten Bauarten bei Bau, Unterhalt und Störungsbeseitigung zu aufwendig waren, entwickelte das RZA München eine als Fahrleitung Bauart 1942 bezeichnete Bauart mit nachgespanntem Kettenwerk und Y-Beiseil am Stützpunkt. Sowohl bei der DB als auch bei der DR führte deren Weiterentwicklung zu einer als Regelfahrleitung 1950 bezeichneten Einheitsfahrleitung für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h, die in verschiedenen Varianten rationell einzubauen und zu unterhalten ist. Die Umbaufahrleitung 1950 ermöglichte mit geringem Aufwand die Anpassung älterer

Fahrleitungen mit festem Tragseil für höhere Geschwindigkeiten. Grundsätzlich verwendet man 50 mm² Bronzetragseil und 100 mm² Kupferfahrdraht. Preßklemmen, stromfeste Hänger und schaltungstechnische Maßnahmen lassen eine Anhebung der Dauerstrombelastung des Kettenwerks zu.

Handelt es sich bei der Oberleitung Re 200 der DB um eine Weiterentwicklung der Oberleitung Re 160, ist die Oberleitung Re 250 der DB mit nachgespanntem Kettenwerk aus 70 mm² Bronzetragseil und 120 mm² silberlegiertem Kupferfahrdraht mit hohen Nachspannkräften eine für Geschwindigkeiten über 400 km/h geeignete Neuentwicklung.

Tragseillose und tragseilarme Fahrleitungen haben sich in Betriebsgleisen so wie windschiefe Bauarten im Gleisbogen trotz momentaner Materialersparnis beim Bau bei der DB langfristig durchweg nicht bewährt. Weiter erwiesen sich Längsspannweiten von mehr als 75 m bei festem bzw. mehr als 80 m bei nachgespanntem Tragseil sowohl vom Windantrieb als auch vom dynamischen Verhalten des Kettenwerks bei höheren Geschwindigkeiten als nachteilig. Bei der Oberleitung Re 250 beträgt die Regelspannweite 65 m.

Sah man bei den ersten Elektrifizierungsvorhaben auf freier Strecke bei Doppelspur Jochkonstruktionen, bei eingleisigen Linien waagerechte Ausleger mit Stützstrebe jeweils mit ober- oder unterhalb montierten Diabolo-Isolatoren vor, ging man Mitte der zwanziger Jahre sowohl in Süddeutschland als auch in Schlesien auch bei zweigleisigen Strecken zu Auslegermasten mit waagerechtem Ausleger und Stützstrebe oder Zugstange und Diabolo- bzw. Stützisolator über. Ab Mitte der zwanziger Jahre baute man in Süddeutschland nur noch Schrägausleger ein und verwendete dort ab 1927 ausschließlich Stabisolatoren, in Schlesien dagegen Rohrschwenkausleger an Stützisolatoren. Anfang der dreißiger Jahre normte das RZA München die Bauteile und erstellte für die als Einheitsfahrleitung 1931 bezeichnete Bauart Einbauzeichnungen. Für diese und die darauf aufbauenden Bauarten übernahm man den Schrägausleger. Die zunächst versuchsweise Wiedereinführung des nachgespannten Kettenwerks führte zu verschiedenen Bauformen des Rohrschwenkauslegers, der in der Regelfahrleitung 1950 von der DB bzw. DR genormt worden ist.

Lagen die Seitenhalter in der Geraden ursprünglich abwechselnd auf Zug bzw. auf Druck, ordnen diese seit 1939 zuerst SSW, dann auch die anderen Firmen, grundsätzlich auf Zug an. Die Fahrleitung Bauart 1942, die Regelfahrleitung 1950 von DB bzw. DR sowie die Umbaufahrleitung 1950 der DB sehen bei Bauarten über 120 km/h angelenkte Leichtbau-seitenhalter vor. Die Oberleitung Re 250 notiert für alle Bauteile des Schwenkauslegers eine Aluminiumlegierung.

Verwendete man bei den Stützpunkten der freien Strecke vor der Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig bei der DRB größtenteils als Einsetzmasten ausgebildete genietete Fachwerkmasten, bildet bei der Regelfahrleitung 1950 von

DB bzw. DR der geschweißte als Aufsetzmast ausgebildete Flachmast auf freier Strecke zunächst die Norm. Nachdem sich versuchsweise eingeführte Betonmasten in Schlesien und Süddeutschland über Jahrzehnte bewährt hatten, entwickelte die BD Nürnberg diese Bauart weiter. Betonmasten mit eingeschleuderten Dübeln, die auf gerammte Rohre oder Träger aufgesetzt und vergossen sind, bilden heute bei der DB die Regel.

In Bahnhöfen verwendete man bis Mitte der zwanziger Jahre im Regelfall Jochkonstruktionen mit Untergurt und oben bzw. unten liegenden Diabolo-Isolatoren. Ausgehend von Versuchsausführungen in Schlesien und Mitteldeutschland ging man etwa zu dieser Zeit allgemein zur Querseilaufhängung mit geerdeten Richtseilen und Hängestützen über. Die Einführung des Stabisolators ermöglichte eine Bauart mit je nach Kurvenradius einem oder zwei spannungsführenden Richtseilen, wobei alle Seitenhalter auf Zug liegen. Bei der Entwicklung der Regelfahrleitung 1950 konnte man die Querseilaufhängung der 1931 genormten Bauart mit als Aufsetzmasten ausgebildeten Winkelmasten grundsätzlich übernehmen. Aus Kostengründen und zur Verminderung der Störanfälligkeit bei Unregelmäßigkeiten ersetzte die DB die Querseilaufhängung zunächst durch Mehrgleisausleger, später, soweit möglich, durch Einzelmastausrüstung. Jochkonstruktionen baut man bei der DB nur in Sonderfällen ein.

Bildete man bei den ersten Elektrifizierungen zweigleisiger Strecken Nachspannung und Streckentrennung jeweils einfeldrig zwischen Abspannjochen aus, ging man etwa 1925 zur zweifeldrigen Nachspannung mit Fahrdrahtkreuzung, 1941 zur dreifeldrigen Nachspannung mit Parallelführung der Kettenwerke über. Während die RBD Breslau noch 1928 bei der einfeldrigen Streckentrennung zwischen Abspannjochen blieb und 1932 die Streckentrennung zweifeldrig mit Kettenwerksnäherung verwirklichte, baut man im übrigen Netz seit 1926 im Regelfall die dreifeldrige Ausführung mit Abspannmasten ein. Bei der Regelfahrleitung 1950 von DB bzw. DR sind Nachspannung und Streckentrennung im Regelfall dreifeldrig, bei der Oberleitung Re 250 der DB fünf-feldrig.

Betrachtete man bis Ende der dreißiger Jahre das Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer überwiegend statisch, berücksichtigt man seit Anfang der vierziger Jahre zunehmend dynamische Gesichtspunkte. Galt früher bei Fahrleitungen eine hohe Elastizität als erwünscht, geht es nunmehr vor allem um eine möglichst gleichmäßige, geringe Elastizität. Man erkannte, daß alle als harte Punkte bezeichneten Masseanhäufungen an Kreuzungen, Überbauten, Streckentrennern, Weichenbespannungen oder Stromklemmen zu vermeiden sind. Durch konsequente Weiterentwicklung dieser Gedanken gelang es, eine für hohe Geschwindigkeiten geeignete Oberleitung zu konstruieren und vorhandene ältere Bauformen so zu ertüchtigen, daß jede elektrifizierte Strecke der DB mit der von den Neigungs- und Richtungsverhältnissen sowie dem Oberbau und den Sicherheitseinrich-

tungen höchstzulässigen Geschwindigkeit befahren werden kann.

16.2. Österreich

Für die Elektrolokomotiven der Arlbergbahn beschafften die BBÖ wegen des engen Profils des Arlbergtunnels ineinander geschachtelte Stromabnehmer unterschiedlicher Breite, deren Betrieb sich nicht störungsfrei gestaltete. Profilerweiterungsarbeiten ermöglichten die Verwendung normaler Scherenstromabnehmer, die für die bei den BBÖ gefahrenen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h genügten. Nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelte die österreichische Industrie aufbauend auf schweizerischen Erkenntnissen einen für Einbügelbetrieb geeigneten Scherenstromabnehmer von 1950 mm Breite, Anfang der sechziger Jahre einen für hohe Geschwindigkeiten brauchbaren leichten Einholmstromabnehmer.

Hatte man in Österreich bei den ersten Elektrifizierungen mit Einphasenwechselstrom zunächst die AEG-Fahrleitung mit festem Kettenwerk sowie die SSW-Bauart mit Zwischentragdraht eingebaut, ging man bereits bei der Elektrifizierung der Salzkammergutlinie eigene Wege: Auf freier Strecke findet sich bei allen drei Baulosen nachgespanntes Kettenwerk, dies auch in Bahnhöfen bei AEGU und ÖBBW, bei ÖSSW dort festes Tragseil und nachgespannter Fahrdrabt. In Vorarlberg verwirklichte zunächst ÖBEG, später auch ÖSSW, eine Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk auf freier Strecke, festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdrabt im Bahnhof.

Nachdem das 1919 errichtete Elektrisierungsamt zunächst ein Elektrifizierungsprogramm ausgearbeitet hatte, entwickelte es bis 1926 eine auf der Vorarlberger Bauart aufbauende Einheitsfahrleitung mit einem Kettenwerk aus 35 mm² Stahltragseil und 100 mm² Kupferfahrdrabt. Erstmals sah man bei der Elektrifizierung der Tauerbahn auch im Bahnhof nachgespanntes Kettenwerk mit Bronzeseil als Tragseil vor. Für die Elektrifizierung der Strecken östlich Salzburg erhöhte man die Zugkräfte in Tragseil und Fahrdrabt, ordnete am Stützpunkt ein Y-Beiseil an und vergrößerte die Längsspannweite von bislang 60 m auf 75 m. Für die Einheitsfahrleitung 1949 behält man dieses Kettenwerk bei, verwendet jedoch seit 1958 Kupfer-Stahl-Seil als Tragseil. Einfachfahrleitung findet sich gelegentlich in Güter- oder Industrieanschlußgleisen. Die für hohe Dauerstromstärken ausgelegte Einheitsfahrleitung 1977 mit einer größten Spannweite von 65 m hat ein aus 70 mm² silberlegiertem Kupferseil und 120 mm² silberlegiertem Kupferfahrdrabt bestehendes Kettenwerk mit Y-Beiseil am Stützpunkt.

Für die Stützpunkte der freien Strecke wählte man bei der Einheitsfahrleitung 1926 den bei der ÖBEG-Fahrleitung bewährten Rohrschwenkausleger mit Doppelkopf-Vollkern-Isolator und Breitflanschträgern als Einsetzmasten, bei der

Einheitsfahrleitung 1938 mit angelenktem Seitenhalter beim Stützpunkt L. Bei der Einheitsfahrleitung 1949 änderte man die Armaturen des Stahlrohrauslegers unter Verwendung von Betonmasten. Der Ausleger der Einheitsfahrleitung 1977 mit grundsätzlich angelenktem Seitenhalter besteht aus einer Aluminiumlegierung.

Hatte man bei älteren Elektrifizierungen in Bahnhöfen überwiegend Jochkonstruktionen montiert, ging man bei der Einheitsfahrleitung 1926 zur Querseilaufhängung mit spannungsführenden Richtseilen an Winkelmasten über. Alle Bahnhöfe der Tauernbahn und die kleinen und mittleren Bahnhöfe der Teilstrecke Salzburg - Attnang-Puchheim haben Einzelmastausrüstung. Bei der Einheitsfahrleitung 1949 verwendet man je nach Zweckmäßigkeit Querseilaufhängung oder Mehrgleisausleger an Betonmasten, weiter Einzelmastausrüstung, wobei letztere Bauform bei den ÖBB allmählich verschwindet.

War die Nachspannung noch bei der Einheitsfahrleitung 1949 zweifeldrig mit gemeinsamer Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht ausgeführt, ist sie bei der Einheitsfahrleitung 1977 wie die Streckentrennung grundsätzlich dreifeldrig mit getrennter Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht ausgebildet; zudem sieht man nur halbe Nachspannfelder vor. Es ist bemerkenswert, wie die Einheitsfahrleitung 1949 etwa gleichzeitig für höhere Geschwindigkeiten und Stromstärken weiterentwickelt und unter Verwendung von legierten Aluminiumrohren und -armaturen zur erhaltungsarmen Einheitsfahrleitung 1977 ausgestaltet wurde.

16.3. Schweiz

Im Lauf der Jahrzehnte entwickelte die schweizerische Industrie eine ungewöhnliche Typenvielfalt an Stromabnehmern. Die Inbetriebnahme von mit nur einem Stromabnehmer bestückten Leichttriebwagen bei den SBB und der BLS-Betriebsgemeinschaft im Jahre 1935 führte nach Überwindung von Schwierigkeiten Ende der dreißiger Jahre dort zur allgemeinen Einführung des Einbügelbetriebs. Als Ergebnis jahrelanger Entwicklungsarbeit konnte BBC 1944 einen für 125 km/h gedachten Stromabnehmer vorstellen, der wider Erwarten im oberen Geschwindigkeitsbereich eine unbefriedigende Stromabnahme aufwies. Versuchsreihen führten zur Berücksichtigung aerodynamischer Phänomene, wodurch zunächst ein für 160 km/h geeigneter Scherenstromabnehmer und später nach ausländischen Vorbildern ein universell einsetzbarer Einholmstromabnehmer entstand.

Abgesehen von den ersten Elektrifizierungsvorhaben mit Einfachfahrleitung oder fest abgespanntem Kettenwerk, leiten sich die von den SBB und den schweizerischen Privatbahnen über Jahrzehnte montierten Fahrleitungsbauarten aus der durch das Weglassen des Zwischentragdrahtes vereinfachten SSW-Fahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht ab. Als Tragseil verwendet man 50 mm²

Stahltragseil, als Fahrdrabt 107 mm² Kupferfahrdrabt. Die Ausführung ist regional sehr verschieden: SBB-Kreis I baute eine Fahrleitung von 100 m Spannweite mit einem Zwischenmast in der Geraden ein, die Kreise II und III eine solche von 60 m Längsspannweite; allgemein ordnete man im Gleisbogen Bogenabzüge an. Nur der Kreis I sieht in Rangierbahnhöfen und in untergeordneten Gleisen sonstiger Stationen eine fest abgespannte tragseilarme Fahrleitung vor.

Von etwa 1930 bis in die sechziger Jahre versuchten SBB und schweizerische Privatbahnen auf kurvenreichen Abschnitten eingleisiger Strecken, den Fahrleitungsbau durch Anwendung der windschiefen Bauart zu verbilligen, bei den Kriegselektrifizierungen teilweise mit Kupfer-Stahl-Fahrdrabt oder Stahlfahrdrabt.

Die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten im Kreis I und höhere Primärstromstärken auf bestimmten Strecken der Kreise II und III führten zu einer Weiterentwicklung der regionalen Fahrleitungsbauart der Kreise II und III. Als sich Anfang der sechziger Jahre durch Fahrleitungs- und Stromabnehmerschäden erwiesen hatte, daß die bisherigen SBB-Fahrleitungsbauarten trotz ständiger Detailverbesserungen den Anforderungen nicht genügen können, entwickelte man für Hauptstrecken eine Bauart mit einem aus nachgespanntem 92 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und nachgespanntem 107 mm² Kupferfahrdrabt bestehenden Kettenwerk mit Y-Beiseil am Stützpunkt.

Die BLS konstruierte zusammen mit der Industrie eine hoch belastbare Fahrleitung mit nachgespanntem 150 mm² Kupfertragseil und nachgespanntem 150 mm² Kupferfahrdrabt. Für Nebenlinien der SBB und die meisten schweizerischen Privatbahnen sieht man bei Umbauten oder Erneuerungsarbeiten ein aus festem 50 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und nachgespanntem 107 mm² Kupferfahrdrabt bestehendes Kettenwerk vor. Bei Industrieanschlußgleisen baut man auch eine tragseilarme vereinfachte Fahrleitung ein.

Sowohl die SBB als auch die schweizerischen Privatbahnen verwendeten auf eingleisigen Strecken zunächst waagerechte Ausleger mit Stützstrebe oder Ankerdrabt, auf Doppelspurstrecken die SBB Jochkonstruktionen. In Stationen sah man im Regelfall Joche mit Untergurt vor, verschiedentlich auch Seiljoche. Trag- und Seitenisolation bildete man später im Regelfall doppelt aus. Die SBB-Kreise II und III verwendeten meist Breitflanschträger, in den zwanziger Jahren zur Arbeitsbeschaffung auch Fachwerkmasten als Einsetzmasten, Kreis I als Aufsetzmasten ausgebildete Fachwerkmasten.

Die in den dreißiger Jahren elektrifizierten eingleisigen Privatbahnen haben auf freier Strecke in der Geraden gespreizte Ausleger, in Stationen Querträger mit Ankerdrähten (Gelenkträger), Mehrgleisausleger, vereinzelt auch Fischbauchjoche, dies jeweils an Breitflanschträgern als

Einsetzmasten. Als Isolatoren verwendet man zunächst Kapfen-, später Stabisolatoren.

Während des Zweiten Weltkriegs zwang der Mangel an Materialien sowohl die SBB als auch die schweizerischen Privatbahnen zu einer Vereinfachung des Quertragwerks, wodurch es bei den SBB zu einer ersten Einheitsfahrleitung, bei einzelnen Privatbahnen zu durchgehend windschiefem Kettenwerk kam. Holzmasten auf freier Strecke sind in dieser Zeit die Regel, in Stationen finden sich anstelle von Breitflanschträgern auch Betonmasten.

Die nach der Normalisierung der Verhältnisse verwirklichten Elektrifizierungen von SBB und schweizerischen Privatbahnen unterscheiden sich bis in die sechziger Jahre, abgesehen von der Verwendung von Fischbauchjochen, kaum von den Vorkriegsbauarten. Bei den SBB brachte die R-Fahrleitung den Rohrschwenkausleger auf freier Strecke, in Stationen zuerst Fischbauchträger, jetzt Parallelträger, mit Hängeisolatoren für das Kettenwerk oder Hängesäulen für Rohrschwenkausleger.

Nachspannung und Streckentrennung wurden bei den SBB, abgesehen vom Kreis I, jahrzehntelang dreifeldrig mit Abspannmasten, jetzt auch ein- bzw. zweifeldrig mit Abfangjochen ausgeführt. Die schweizerischen Privatbahnen bilden je nach Streckengeschwindigkeit Nachspannung oder Streckentrennung völlig unterschiedlich aus, teilweise ersetzen Streckentrenner Streckentrennungen.

16.4. Generelle Entwicklungstendenzen

Ausgehend von Firmenbauarten unterschiedlicher Ausprägung ist nahezu jede Eisenbahnverwaltung ihre eigenen Wege gegangen. Dennoch ähneln die neueren Stromabnehmer und Oberleitungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz einander sehr.

Bis in die dreißiger Jahre entsprachen bei allen Bahnverwaltungen die Stromabnehmer den betrieblichen Forderungen. In der Schweiz und in Deutschland führte die Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf über 110 bzw. 120 km/h zu Problemen. Zwar gelang es in der Schweiz, mit der Doppelwippe und der damit verbundenen Einführung des Einbügelbetriebs, die notwendigen Voraussetzungen eines für hohe Geschwindigkeiten tauglichen Stromabnehmers zu schaffen, doch scheiterte die Verwirklichung zunächst an nicht erkannten aerodynamischen Phänomenen. Der in den fünfziger und sechziger Jahren in allen genannten Ländern geleisteten Entwicklungsarbeit verdanken die Bahngesellschaften zunächst Scherenstromabnehmer für Geschwindigkeiten bis 160 km/h, dann Einholmstromabnehmer für höhere Geschwindigkeiten.

Alle Staatsbahnverwaltungen der betrachteten Länder bauten zunächst ein Kettenwerk aus 50 mm² Stahltragseil und 100 bzw. 107 mm² Kupferfahrdrabt ein; in Kriegszeiten verwen-

dete Ersatzstoffe haben sich nicht bewährt. Allgemein montiert man im Kettenwerk heute ein Tragseil aus Bronze, Stahl-Kupfer, Kupfer oder silberlegiertem Kupfer größeren Querschnitts, Gleiches gilt für den Kupferfahdraht, der zunehmend silberlegiert verwendet wird. Hatte man zunächst in Deutschland und Österreich die Fahrleitung mit relativ großem Zickzack verlegt, um durch große Längsspannweiten die Baukosten zu senken, mußte man später sowohl den Zickzack als auch die Spannweite wegen des Windabtriebs und der schlechen dynamischen Eigenschaften einer mit großer Spannweite verlegten Fahrleitung mit Zwischenmasten reduzieren. Bei den neuesten Bauarten von DB, ÖBB und SBB unterscheidet sich die Regelspannweite in der Geraden unabhängig vom Zickzack unwesentlich.

Hatten zunächst die BBÖ bei der Einheitsfahrleitung 1926 auf freier Strecke nachgespanntes Kettenwerk vorgeschrieben und ab 1933 auch im Bahnhof konsequent verwirklicht, seit 1938 mit Y-Beiseil am Stützpunkt, entwickelte das RZA München die Fahrleitung Bauart 1942. DB und DR elektrifizierten den größten Teil ihres Netzes mit nachgespanntem Kettenwerk und Y-Beiseil am Stützpunkt der Regelfahrleitung 1950.

Die SBB blieben über Jahrzehnte bei einem Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahdraht und verließen diese Bauart erst, als elektrische Triebfahrzeuge in Vielfachsteuerung mit hohen Geschwindigkeiten planmäßig verkehren sollten. Die in Deutschland und der Schweiz zur Kostenreduzierung in Kurven windschief neu- oder umgebauten Streckenabschnitte versucht man zügig zu normalisieren, da Unterhalt und Störungsbeseitigung schwierig sind und betriebliche Einschränkungen bestehen.

Für das Quertragwerk gründete man zunächst als Einsetzmasten ausgebildete genietete Flachmasten, Gittermasten oder Breitflanschträger. In Deutschland und Österreich verwendete man zunächst die Gittermasten im Bahnhof als Aufsetzmasten, nach dem Zweiten Weltkrieg in Deutschland auch die geschweißten Flachmasten der freien Strecke; bei den SBB tat dies anfangs nur der Kreis I. Heute bauen DB und ÖBB sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof soweit möglich Betonmasten ein. SBB und schweizerische Privatbahnen bleiben bei dem als Aufsetzmast ausgebildeten Breitflanschträger.

Allgemein verwendete man anfänglich bei eingleisiger Strecke waagerechte Ausleger mit Stützstrebe oder Ankerdraht, bei Doppelspur Jochkonstruktionen, vor allem bei einem Zickzack von ± 20 cm mit Bogenabzügen auch auf freier Strecke. In Deutschland führte der Übergang vom Stütz- bzw. Diabolo-Isolator zum Stabisolator zur Verwendung des Schrägauslegers, in Österreich das nachgespannte Kettenwerk zum Rohrschwenkausleger mit Vollkern-Isolator. Während die SBB bis in die sechziger Jahre bei den genannten Konstruktionen geblieben sind und nur bei der Kriegsfahrleitung eine einfachere Auslegerform mit Stabisolator als

Tragisolation wählten, erhielten schweizerische Privatbahnen mit dem Spreizausleger und hängendem Stabisolator bereits in den dreißiger Jahren eine einfachere Konstruktion.

In Stationen und Bahnhöfen baute man zunächst allgemein Jochkonstruktionen mit Untergurt ein. Mitte der zwanziger Jahre gingen DRB und BBÖ zur Querseilaufhängung über, bei den SBB bauten die Kreisdirektionen I und III verschiedentlich Seiljoche ein. Heute montieren SBB und schweizerische Privatbahnen weiterhin Jochkonstruktionen, DR Querseilaufhängung, DB soweit möglich Einzelmastausrüstung, sonst Mehrgleisenausleger. Nachdem in Österreich bereits ab 1933 Bahnhöfe Einzelmastausrüstung erhalten hatten, baute man diese später auf Querseilaufhängung um und verwendet sonst Mehrgleisenausleger.

Die ÖBB sehen im Gegensatz zu DB, DR und SBB heute nur halbe Nachspannfelder vor. Die in Deutschland und der Schweiz anfangs häufig gewählte Form der einfeldrigen Nachspannung oder Streckentrennung mit Abspannjochen findet sich neuerdings wieder in der Schweiz. Die über Jahrzehnte in Deutschland eingebaute zweifeldrige Nachspannung mit Fahrdrhtkreuzung ist allgemein der seit den zwanziger Jahren in den SBB-Kreisen II und III ausgeführten dreifeldrigen Bauform mit Parallelführung der Kettenwerke gewichen. Auch die Streckentrennung wird seit dieser Zeit dreifeldrig mit Abspannmasten, bei der DB neuerdings fünffeldrig ausgeführt.

Betrachtet man Entwicklungsweg und regionale Varianten von Oberleitungsbauarten in den einzelnen Ländern, zeigen sich Unterschiede in Mentalität und Organisationsform.

Zufolge einer sehr straffen zentral gelenkten Organisation schufen zuerst die BBÖ 1926 eine bis heute ständig weiterentwickelte Einheitsfahrleitung, die ohne regionale Varianten im gesamten Bundesbahnnetz Österreichs eingebaut worden ist.

In Deutschland gelang 1924/26 zunächst die Vereinheitlichung des Kettenwerks, beim Quertragwerk wechselten regionale und Firmenbauarten einander ab. Eine 1931 genormte Einheitsfahrleitung konnte nicht bei allen Reichsbahndirektionen durchgesetzt werden und mußte wegen unbefriedigenden Verhaltens bei hohen Fahrgeschwindigkeiten in mehreren Stufen weiterentwickelt werden. Verschiedene Umbauten vermehrten die Typenvielfalt im elektrifizierten Netz der DRB. Eine während des Zweiten Weltkriegs in Grundzügen festgelegte Bauart sollte diese Typenvielfalt bereinigen. Obwohl sich die 1950 als Regelfahrleitung vorgeschriebene Oberleitung in jeder Hinsicht bewährte, ließen sich bei der DB regionale Sonderbauarten nicht vermeiden. Bei der heutigen Organisation der DB ist das nicht mehr möglich, erst recht nicht bei der DR.

In der Schweiz führte ein ausgeprägter Föderalismus zu regionalen Fahrleitungsbauarten der SBB, schweizerische Privatbahnen gingen meist ihre eigenen Wege. Erst die Notzeit des Zweiten Weltkriegs führte zu einer ersten Einheitsfahrleitung der SBB. Nach der Normalisierung der Verhältnisse lebte der Föderalismus wieder auf. So ist bei den SBB eine Einheitsfahrleitung nicht dekretierbar, vielmehr muß diese aus einem Konsens der Verantwortlichen der Zentrale mit den regionalen Instanzen erwachsen.

Bei allen Bahnverwaltungen stand die Nachkriegsentwicklung unter dem Zwang, bei gegenüber den Materialkosten überproportional ansteigenden Personalkosten und zunehmender Zugdichte mit kürzeren Arbeitsintervallen auf Hauptstrecken eine rasch einzubauende, hohen Ansprüchen genügende, Oberleitung mit minimalem Unterhaltungsaufwand zu erstellen. Überall hat sich gezeigt, daß am Kettenwerk nicht gespart werden kann: Nur ein nachgespanntes Kettenwerk mit hinreichenden Querschnitten und Zugkräften von Tragseil und Fahrdraht genügt über längere Zeit dem Betrieb. Dagegen läßt sich das Quertragwerk durch geeignete Festlegung der Stützpunkte gegenüber früher kostengünstiger erstellen. Zudem hat sich erwiesen, daß sich die Querseilaufhängung infolge einer Übertragung von Schwingungen von einem Kettenwerk auf benachbarte Kettenwerke für sehr hohe Geschwindigkeiten nicht eignet. Schließlich gilt bei der Auswahl unter verschiedenen Bauformen des Quertragwerks die Minimierung der Auswirkungen von Betriebsstörungen als wesentliches Kriterium.

Während man früher vor allem in Deutschland ältere Oberleitungsanlagen teilweise mehrfach umbaute, zeigt es sich, daß unter Berücksichtigung von Dimensionierung und Erhaltungszustand der vorhandenen Anlage meist ein Neubau dem Umbau vorzuziehen ist, da häufig weder Mastabstand oder Entfernung des Masts vom Gleis noch die aufzunehmenden Kräfte den heutigen Anforderungen entsprechen.

Allen Eisenbahnverwaltungen ist es nach unterschiedlichen Vorgaben und Entwicklungswegen gelungen, jeweils eine ihren speziellen Traditionen entsprechende Oberleitung für hohe Stromstärke und Geschwindigkeit zu entwickeln, womit es müßig ist, nach der "besten" Oberleitung zu fragen.

Blickt man auf außerhalb Deutschland, Österreich und der Schweiz gelegene Länder, deren Staatsbahnen meist aus historischen Gründen ein von den genannten Ländern abweichendes Stromsystem verwenden, ist es einerseits erstaunlich, daß beispielsweise eine für 3000 V konstruierte Fahrleitung bei günstigen Umweltbedingungen über Jahrzehnte klaglos mit 15 kV betrieben werden kann, andererseits ist es diesen Eisenbahnverwaltungen meist gelungen, aus einer für eine andere Nennspannung oder Primärstromstärke ausgelegten Regelbauweise eine Bauart für 15 kV zu verwirklichen, die allen betrieblichen Erfordernissen entspricht.

Schließlich hat es sich im Lauf der Jahrzehnte erwiesen, daß sich einer gegebenen Oberleitungsbauart eine bestimmte Höchstgeschwindigkeit nicht absolut zuordnen läßt. Immer ist die Optimierung des Systems Oberleitung/Stromabnehmer Voraussetzung für eine gute Stromabnahme, was hier nicht nur das Fehlen von Lichtbögen, sondern eine Minimierung der Kraftdifferenzen an der Berührungsfläche zwischen Fahrdraht und Schleifstück bedeutet. Die Anhebung der Normalspannung im Fahrdraht einer Kettenfahrleitung bewirkt nicht nur eine Verringerung der Elastizität, sondern auch eine Anhebung der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit. Für einen elektrischen Regelzugbetrieb mit hohen Geschwindigkeiten unter einer Kettenoberleitung ist daher eine möglichst hohe Normalspannung im Fahrdraht erforderlich.

Das Erfassen dieser Zusammenhänge zeigt sich unmittelbar beim Vergleich von Fahrplänen: In der Einleitung wurde festgestellt, daß im Fahrplanjahr 1937/38 bei der DRB Diesel-Schnelltriebwagen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h fuhren, mit Dampflok bespannte Schnellzüge bis 140 km/h, elektrisch geführte schnellfahrende Reisezüge bis 120 km/h. 50 Jahre später fahren elektrisch angetriebene EC- und IC-Züge der DB mit einer Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h - bald ICE-Züge mit 250 km/h -, mit Diesellokomotiven geführte Schnellzüge mit 140 km/h; Diesel-Schnelltriebwagen und Dampflokomotiven sind aus dem Regelverkehr der DB verschwunden.

Entsprechendes gilt für Schnellfahrversuche auf der Schiene: Die DRB war stolz darauf, daß am 17.02.1936 ein diesel-elektrischer dreiteiliger Schnelltriebzug der Bauart "Leipzig" auf der Strecke Hamburg - Berlin eine Höchstgeschwindigkeit von 205 km/h erreicht hatte, am 11.05.1936 eine Dampflokomotive der Baureihe 05 mit einer Anhängelast von 197 t auf derselben Strecke 200,4 km/h. Am 1.05.1988 erzielte der ICE-Triebzug der DB auf der Neubaustrecke Würzburg - Fulda eine Geschwindigkeit von 406,9 km/h.