

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 113/114 (1939)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Klopfwertbestimmungen von Dieselkraftstoffen  
**Autor:** Hablützel, Emil  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-50431>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.01.2026

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

sers abgesenkt. Im Schutze dieses wasser-dichten Rahmens erfolgt dann der restliche Aushub bis zum gewachsenen Felsen, der einen wasserundurchlässigen Boden bildet.

Ueber die in den verschiedenen Bauetappen für das Wehr zu erwartenden Kolkungen und über die für das endgültige Bauwerk zu Grunde zu legende Kolkform hat man sich durch Modellversuche im Flussbaulaboratorium der E.T.H. in Zürich, soweit als immer möglich, Klarheit verschafft, um sich vor unerwünschten Ueberraschungen zu bewahren. Die Ver-suche haben sehr nützliche Fingerzeige sowohl für die Durchführung des Baues als auch für die endgültige Gestaltung ergeben (Abb. 16 und 17, Seite 28).

Die Bauarbeiten sind bis jetzt ohne nennenswerte Schwierigkeiten und im Rahmen des Bauprogramms, das die Betriebsaufnahme auf den Sommer 1941 vorsieht, fortgeschritten.

Die Wehrschüttungen samt Windwerken sind an die Firmen Buss A.G. Basel und M.A.N., Werk Gustavsburg, unter Beiziehung schweizerischer und deutscher Unter-Lieferanten vergeben worden; die beiden Turbinen werden von Escher Wyss A.G., Zürich und Ravensburg, die Generatoren von Brown Boveri, Baden und Mannheim geliefert. Die übrigen Vergebungen maschineller Natur sind noch nicht erfolgt.

## Klopfwertbestimmungen von Dieselkraftstoffen

Vergasermotoren beginnen bekanntlich zu klopfen, wenn der Kompressions-Enddruck, bzw. die Temperatur im Verbrennungsraum eine gewisse Grenze überschreitet. Dabei wächst die Verbrennungsgeschwindigkeit im Gemisch bis zur Schallgeschwindigkeit und führt zu momentanem starkem Druckanstieg, meist verbunden mit Druckschwingungen im Verbrennungsraum. Nicht alle Brennstoffe beginnen bei der selben Temperatur zu klopfen; sie unterscheiden sich also hinsichtlich der Klopffestigkeit, die durch die Oktanzahl ausgedrückt wird. Diese gibt an, wie viel Vol-%, Iso-Oktan in einem Gemisch von Iso-Oktan und Normalheptan enthalten sein müssen, damit die selbe Klopfgrenze erreicht wird, wie sie der zu beurteilende Brennstoff aufweist. Die Vergleichsmessungen werden im sog. C. F. R.-Motor (Cooperative Fuel-Research-Motor) durchgeführt, d. h. in einem einzylindrigen Viertakt-Motor mit stark veränderlichem Verdichtungsverhältnis (vergl. S. 200\*, Bd. 112). Je höher die Oktanzahl, desto klopfester ist der Brennstoff.

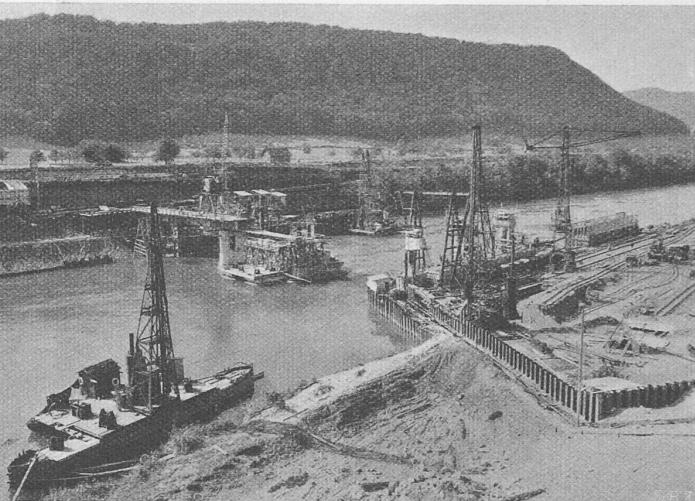


Abb. 14. Flussabwärts gegen das Schweizerufer, rechts Krafthaus-Baugrube (5. Okt. 1938)

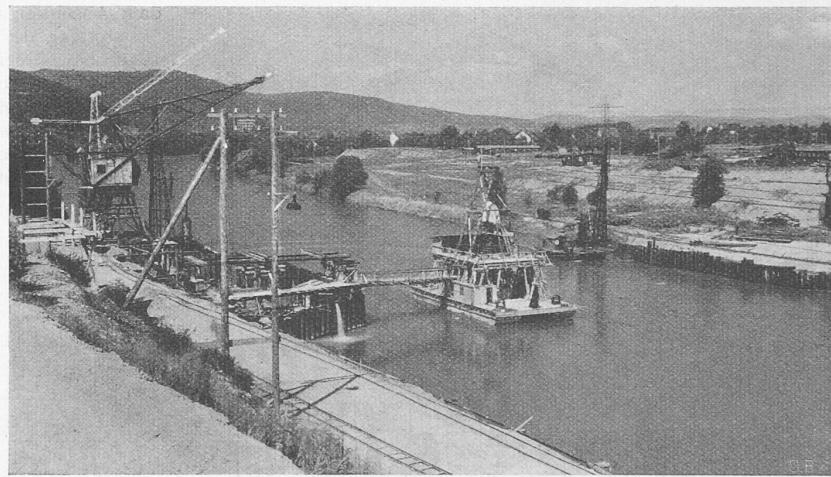


Abb. 13. Flussabwärts gegen r. Ufer, Caisson-Batterie für Dienstbrücken-Pfeiler 1 (2. Aug. 38)

Auch im Dieselmotor tritt das Klopfen auf, begleitet von momentan starkem Druckanstieg im Zylinder. Während aber beim Vergasermotor das Klopfen mit dem Verdichtungsverhältnis, der Belastung und der Betriebserwärmung der Maschine zunimmt, ist beim Dieselmotor das Gegenteil der Fall. Brennstoffe mit großer Zündwilligkeit, also niedriger Oktanzahl, führen hier

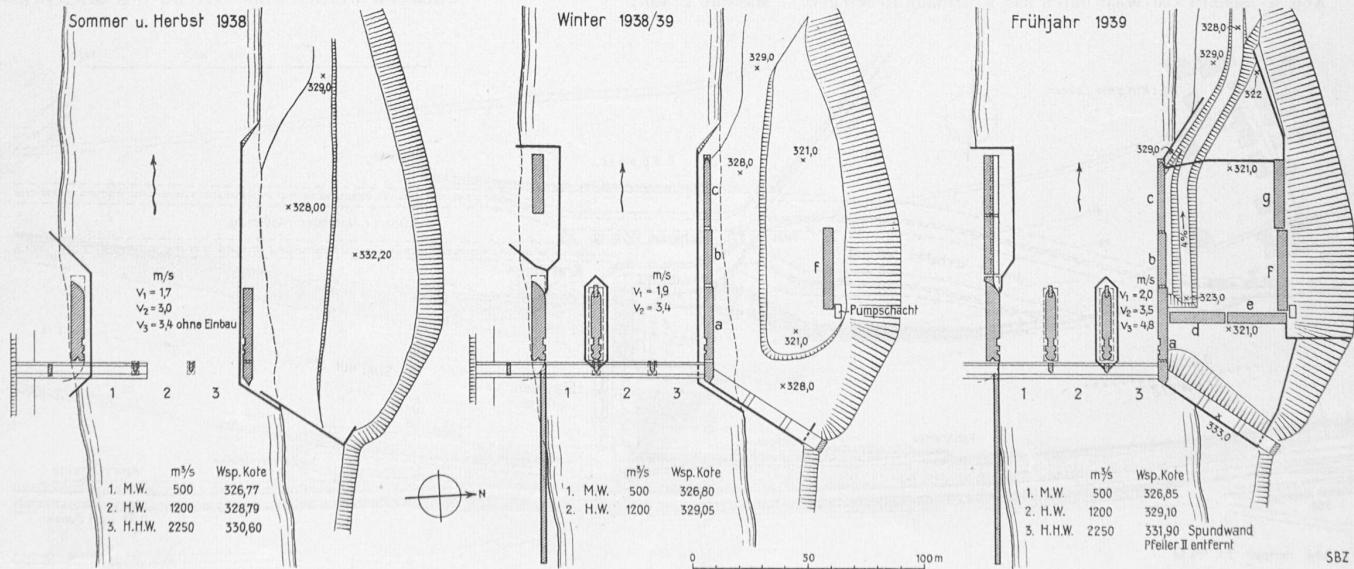


Abb. 6 bis 8. Die drei ersten charakteristischen Bauetappen des Kraftwerk Reckingen

Masstab 1:3000

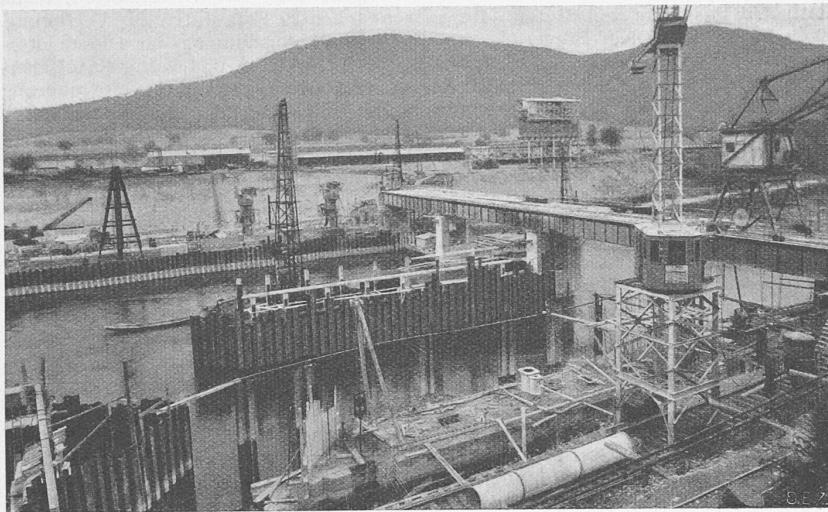


Abb. 15. Flussaufwärts gegen rechtes Ufer, Spundwandumschliessung Pfeiler 1 (14. Nov. 1938)

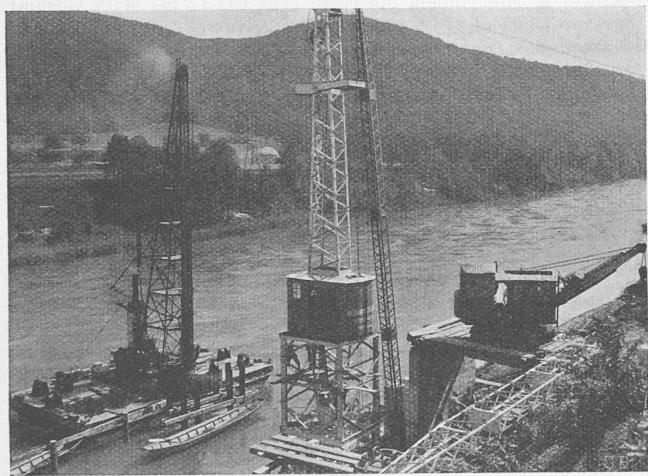


Abb. 12. Baustelle Widerlager 1. Ufer, Rammbatt. f. Dienstbr. (5. Juli 38)

am wenigsten zum Klopfen. Die Klopferscheinung am Dieselmotor wird erklärt durch den sog. Zündverzug, d. h. die Zeit, die vom Einspritzbeginn bis zur Entzündung verstreicht. Je größer dieses Intervall ist, umso mehr Brennstoff ist im Moment der Entzündung schon in den Verbrennungsraum eingespritzt, der dann sozusagen gleichzeitig verbrennt und eben den momentanen

Druckanstieg mit Klopferscheinung zur Folge hat. Bei den Dieselmotoren ist es üblich, den Klopfwert durch die Cetenzahl bzw. Cetanzahl auszudrücken. Sie ist ein Mass für die Zündwilligkeit und steht somit im umgekehrten Verhältnis zur Klopfestigkeit, d. h. also zur Oktanzahl. Einer Oktanzahl von 100 entspricht eine Cetenzahl von rd. 20 und der Oktanzahl 0 eine Cetenzahl von rd. 55. Die Cetenzahl gibt an, wie viel Vol-% des sehr zündwilligen Ceten ( $C_{10} H_{32}$ ) in einem Gemisch von Ceten und Alpha-Methylnaphthalin enthalten sein müssen, um dem Gemisch die selbe Zündwilligkeit zu geben, wie sie der zu untersuchende Brennstoff hat. Neuerdings wird an Stelle des unbeständigen Ceten auch das beständiger Cetan ( $C_{16} H_{34}$ ) verwendet.

Die Bestimmung der Cetenzahl erfolgt ebenfalls in einem einzylindrigen Prüfmotor. Hierzu kann der C. F. R.-Motor auf Dieselbetrieb umgebaut werden; die I. G.-Farbenindustrie benützt wie für die Untersuchung der Vergaserbrennstoffe, so auch für die Dieselmotoren einen eigenen Prüfmotor, dessen

Ergebnisse mit denjenigen des C. F. R.-Motors sehr gut übereinstimmen. An Stelle von Ceten und Alpha-Methylnaphthalin verwendet sie ein Gemisch von badischem Dieselmotorenkraftstoff und Steinkohlenmittelöl, wobei natürlich die Cetenzahlen in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses bekannt sein müssen. Der I. G.-Motor für Dieselmotorenkraftstoffprüfung ist durch Umbau aus einem stehenden Viertakt-Motor der Motorenwerke Mannheim mit rd. 1 l Hubvolumen entstanden. Seine Drehzahl ist regulierbar zwischen 500 und 2000 U/min, und die Leistung beträgt 3 kW bei 1000 U/min. Zylinderkopf und Laufbüchse können mittels Schnecke und Schneckenrad so verschoben werden, dass das Verdichtungsverhältnis von 8:1 bis 25:1 verstellt wird. Durch Anwendung von Verdampfungskühlung ist eine Konstanz der Kühlwassertemperatur am besten gewährleistet.

Um den Prüfmotor seinem Zweck dienlich zu machen, muss er geeicht werden. Dabei wird mit Brennstoffgemischen bekannter Cetenzahlen der Zündverzug bei veränderlichem Verdichtungsverhältnis gemessen. Diese drei Variablen, d. h. Cetenzahl, Verdichtungsverhältnis und Zündverzug, erlauben das Aufzeichnen einer Eichkurvenschar, wobei z. B. die Cetenzahl als Ordinate, das Verdichtungsverhältnis als Abszisse und der Zündverzug als Parameter gewählt werden können. Man erhält dann Kurven gleichen Zündverzuges. Die letzten zwei Größen können auch vertauscht werden; dies liefert dann ein Bild mit Kurven gleicher Verdichtungsverhältnisse, die aber bei höheren Cetenzahlen so steil verlaufen, dass sie mit Linien konstanten Zündverzuges sehr schlechte Schnitte liefern. Darum wird bei den Brennstoffuntersuchungen mit Vorteil durch Änderung der Verdichtung ein konstanter Zündverzug, z. B. 18° Kurbelwinkel eingereguliert, sodass dann aus diesem und dem sich ergebenden

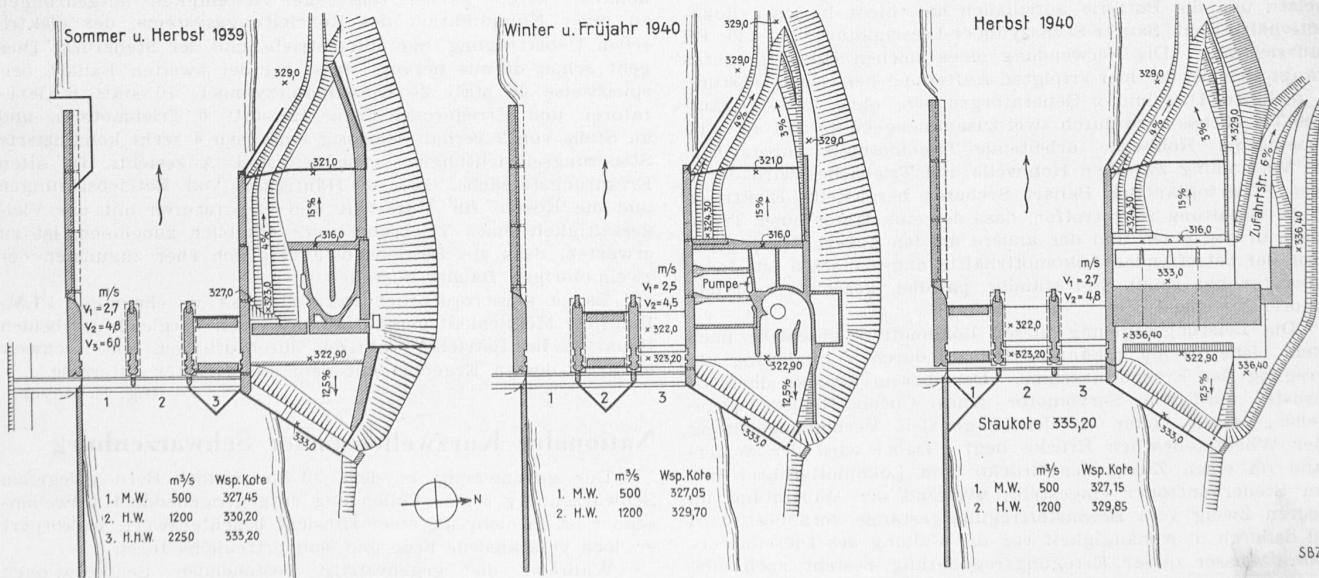


Abb. 9 bis 11. Die drei letzten Bauetappen des Rheinkraftwerkes Reckingen

Masstab 1:3000

SBZ

Verdichtungsverhältnis die Cetenzahl mit Hilfe des Eich-Diagrammes festgelegt ist. Voraussetzung ist dabei natürlich, dass ausser der Aenderung des Brennstoffes die übrigen Betriebsbedingungen die selben sind wie bei den Eichversuchen. Zur Messung des Zündverzuges müssen der Einspritzbeginn, d. h. der Beginn des Nadelhubes im Einspritzventil, und der Zündmoment, erkennbar am plötzlichen Druckanstieg, registriert werden. Dazu sind verschiedene Methoden und Apparate entwickelt worden. Weil aber der Druckverlauf und der Maximaldruck im Zylinder zur weiteren Beurteilung des Brennstoffes dienlich sind, wird am besten der Druckverlauf mit einem Piezo-Quarzindikator aufgenommen und als Ausschlag des Lichtpunktes auf dem Schirm eines Kathodenstrahlzoszillographen sichtbar gemacht. Die Seitenablenkung des Lichtpunktes soll proportional mit der Zeit verlaufen. Da es aber schwer ist, den Zeitgeberapparat in jedem Moment mit dem Motor synchron laufen zu lassen, wird einfacher der Kurbelwinkel, der ja praktisch proportional ist zur Zeit, als Abszisse gewählt. Das Seitenablenkgerät kann dann direkt mit der Maschine gekuppelt werden, und man erhält so auf dem Schirm des Oszillographen ein Zeit-Druckdiagramm, das nicht wandert und im Lichtbild festgehalten werden kann. Auf diesem lassen sich durch Lichtpunkte auch die Totpunkttagen und der Einspritzbeginn markieren, sodass sich der Zündverzug als Strecke abmessen lässt (W. Wilke in «Z. VDI» vom 24. September 1938).

Prof. E. Hablitzel

## Zwei französische Grossdiesellokomotiven

Wie den Lesern der «SBZ» bekannt ist<sup>1)</sup>, hatte die frühere, nunmehr in der Société Nationale des Chemins de Fer Français aufgegangene PLM-Bahn im Jahre 1935 zwei Grossdiesellokomotiven von je 4000 PS in Auftrag gegeben. Diese sind inzwischen abgeliefert und in Betrieb gesetzt worden. Der äussere Aufbau entspricht bei beiden dem in der «SEZ» veröffentlichten Entwurf. Die erste Lokomotive mit der Seriennummer 262-BD-1 ist mit zwei in Frankreich gebauten Sulzer-Zwölfzylinder-Zweireihendieselmotoren ausgerüstet und gelangte schon im Sommer 1937 zur Ablieferung. Ihre Maschinenanlage ist weitgehend identisch mit derjenigen der von Gebr. Sulzer in Winterthur für die Rumänischen Staatsbahnen gebauten Diesellokomotive<sup>2)</sup>. Ein Unterschied besteht lediglich in der Art der Leistungsregelung und darin, dass die französische Lokomotive, entsprechend ihrer Achsfolge 2C2 + 2C2, statt 4 nur 3 Triebmotoren pro Lokomotivhälfte besitzt.

Die zweite französische Grossdiesellokomotive mit der Dienstnummer 262-AD-1 bildet Gegenstand einer von Reichsbahnrat Boettcher im «Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens» vom 15. Nov. 1938 erschienenen Betrachtung. Ihre Maschinenanlage unterscheidet sich zum Teil beträchtlich von der der ersten französischen und der rumänischen Lokomotive. Jede der beiden vollkommen identischen Lokomotivhälften besitzt zwei in Frankreich nach M. A. N.-Lizenz gebaute Sechszylinder-Dieselmotoren von je 950 PS Dauer- und 1050 PS Stundeneleistung. Jeder Dieselmotor ist mit einem aus Hauptgenerator und Erreger bestehenden Maschinensatz direkt gekuppelt. Für den Antrieb des Hilfsgenerators, der unter konstanter Spannung die Antriebsmotoren der Hilfsbetriebe (Kühlwasser- und Brennstoffpumpen, Kompressoren, Ventilatoren) zu speisen und die Batterie aufzuladen hat, dient in jeder Lokomotivhälfte ein Saurer-Sechszylinder-Dieselmotor von 130 PS Dauerleistung. Die Verwendung eines solchen Hilfsaggregates drängt sich bei der hier erfolgten Aufteilung der Gesamtleistung in mehrere Dieselmotor-Generatorgruppen ohne weiteres auf. Jede Triebachse wird durch zwei zusammengebaute und auf eine gemeinsame Hohlwelle arbeitende Triebmotoren angetrieben. Die Verbindung zwischen Hohlwelle und Triebachse wird durch einen Federtopfantrieb Bauart Sécheron hergestellt. Elektrisch ist die Schaltung so getroffen, dass der eine Motor einer Triebachse an den einen und der andere an den andern Hauptgenerator der betreffenden Lokomotivhälfte angeschlossen ist. Jeder Generator hat somit drei ständig parallel geschaltete Triebmotoren zu speisen.

Die Leistungsregelung dieser Lokomotive geschieht nach einem bisher wenig bekannten Prinzip durch Veränderung der Erregung der Erregermaschine. Der diesem Zwecke dienende Rheostat wird vom Servomotor eines Cuénod-Reglers angetrieben, dessen Anker in der diagonalen Verbindungsleitung einer Wheatstoneschen Brücke liegt. Dabei wird der Widerstand im einen Zweig der Brücke vom Lokomotivführer mit dem Steuerkontroller eingestellt, während der Widerstand im anderen Zweig vom Brennstoffreguliergestänge verändert wird und dadurch in Abhängigkeit von der Füllung des Dieselmotors steht. Ausser dieser Erregungsregulierung besteht noch eine

elektropneumatische Fernregulierung der Dieselmotordrehzahl in drei Stufen. Im ganzen stehen 20 Fahrstufen zur Verfügung. Diese Steuerung erlaubt die volle Ausnutzung der Dieselmotorleistung bei allen Fahrgeschwindigkeiten und verhindert Überlastungen selbsttätig. Im Bedarfsfalle kann die Regulierung der Erregerspannung unter Umgehung der Automatik durch Handbetätigung der Rheostate erfolgen.

Die Verschiedenheiten der beiden französischen Diesellokomotiven geben dem Verfasser des Aufsatzes im «Organ» Anlass zu einer vergleichenden Betrachtung. Er liefert damit einen Beitrag zu der in Fachkreisen oft erörterten Streitfrage, ob es bei Grossdiesellokomotiven zweckmässiger sei, die Leistung in einen oder möglichst wenige Maschinensätze grosser Leistung zusammenzufassen oder sie in mehrere Aggregate mittlerer Leistung aufzuteilen. Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass hier bei beiden Lokomotiven die gesamte Traktionsleistung auf 24 Dieselmotorzylinder zu je etwa 170 PS aufgeteilt ist und dass diesbezüglich also gar keine Verschiedenheit besteht. Der Hauptunterschied liegt lediglich darin, dass bei der 262-BD-1 die Leistung von zweimal sechs Zylindern über ein Getriebe zusammengefasst und auf einen Generator übertragen wird, während bei der 262-AD-1 schon auf sechs Zylinder ein Generator kommt und ausserdem zwei Hilfsdieselmotorgruppen vorhanden sind.

Die Gegenüberstellung beider Lokomotiven zeigt, dass bezüglich Abmessungen und Gesamtgewicht beide Lösungen etwa gleichwertig sind, indem die erste (262-BD-1) bei einer Gesamtlänge von 33,05 m 228 t wiegt gegenüber den 32,70 m und 224,5 t der zweiten. Die bisweilen aufgestellte Behauptung, dass die Wahl möglichst grosser Einheiten eine Raum- und Gewichtersparnis zur Folge habe, wird somit durch die Tatsachen widerlegt. Sie hält übrigens schon einer gründlichen Vorausberechnung nur selten stand. Anderseits ist aber der Gewichtsunterschied mit nicht einmal 2 % so gering, dass er auch nicht als Beweis für die Überlegenheit der zweiten Bauart dienen kann. Erfahrungsgemäss führt sowohl die allzu starke Zusammenfassung als auch die zu weitgehende Aufteilung der Leistung zu grösseren Gewichten, sodass das Optimum in jedem Einzelfalle durch eingehende Berechnungen festgestellt werden muss und irgendwo in der Mitte zu finden sein wird. Als Vorteil der Vielseitigkeit gilt der Umstand, dass im Defektfalle eines Teiles (Dieselmotor, Generator, Triebmotor) ein um so geringerer Bruchteil der Gesamtleistung ausfällt, je weitergehend die Unterteilung gewählt worden ist. Als weiterer Vorteil dieser Aufteilung wären noch die geringeren Aufwendungen für die Anschaffung und Lagerhaltung von Ersatzteilen und Reservematerial zu nennen.

Obwohl von diesem letzten Punkt im vorerwähnten Aufsatz nicht die Rede ist, erhält man bei einer sachlichen Betrachtung den Eindruck, dass darin die Bauart mit zwei Dieselmotor-Generatorgruppen etwas zu schlecht weggkommt, indem deren zweifellos auch vorhandene Vorteile stillschweigend übergangen werden. So muss gerechterweise auch darauf hingewiesen werden, dass grössere Einheiten mit einem besseren Wirkungsgrad arbeiten, was zusammen mit den an sich schon etwas günstigeren Verbrauchsziiffen des Sulzermotors in einem geringeren Brennstoff- und Schmierölverbrauch zum Ausdruck kommen wird. Ferner führt die Vielseitigkeit notgedrungen zu einer Komplikation des Rohrleitungssystems, der elektrischen Uebertragung, der Hilfsbetriebe und der Steuerung. Dies geht schon daraus hervor, dass bei der zweiten Bauart beispielsweise 36 statt 24 Dieselmotorzylinder, 10 statt 6 Generatoren und Erregermaschinen, 12 statt 6 Triebmotoren und an Stelle von 2 verhältnismässig einfachen 4 recht komplizierte Steuerungseinrichtungen vorhanden sind. Angesichts der alten Erfahrungstatsache, dass die Häufigkeit von Betriebstörungen und die Kosten für Unterhalt und Reparaturen mit der Vielgestaltigkeit eines Triebfahrzeuges erheblich zunehmen, ist zu erwarten, dass ein Betriebskostenvergleich eher zugunsten der zweimotorigen Bauart ausfallen wird.

Es ist außerordentlich wertvoll, dass die ehemalige PLM-Bahn die Möglichkeit geschaffen hat, einen Vergleich der beiden Bauarten im Betriebe praktisch durchzuführen. Die Fachwelt erwartet dessen Ergebnis mit dem allergrössten Interesse.

Dr. Ing. E. Meyer

## Nationaler Kurzwellensender Schwarzenburg

Der gegenwärtig in dem 30 km südlich Bern gelegenen Schwarzenburg seiner Vollendung entgegengehende Kurzwellensender ist in mehr als einer Hinsicht beachtenswert, verkörpert er doch verschiedene neue und sehr erfreuliche Ideen.

Während die gegenwärtig bestehenden Sendestationen unserer PTT (Beromünster, Sottens und Monte Ceneri) in der

<sup>1)</sup> «SBZ» Bd. 108, S. 271\* (19. Dez. 1936). <sup>2)</sup> Bd. 112, S. 252\* (19. Nov. 1938).