
DAS
EISENBAHN-MASCHINENWESEN
DER GEGENWART.

HERAUSGEGEBEN VON

Dr.-Ing. **BARKHAUSEN**

GEHEIMEM REGIERUNGSRATE,
PROFESSOR DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN A. D., HANNOVER.

† Dr.-Ing. **BLUM**
WIRKLIHEM GEHEIMEM OBER-
BAURATE, BERLIN.

COURTIN
GEHEIMEM OBERBAURATE,
KARLSRUHE.

VON **WEISS**
GEHEIMEM RATE, MÜNCHEN.

ERSTER ABSCHNITT

DIE EISENBAHN-FAHRZEUGE.

ERSTER TEIL

DIE LOKOMOTIVEN.

ZWEITE HÄLFTE, ERSTE LIEFERUNG

HEISSDAMPFLOKOMOTIVEN MIT EINFACHER DEHNUNG DES DAMPFES.

DRITTE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

BEARBEITET VON

DIPL.-ING. BRÜCKMANN, BERLIN.

MIT 696 ABBILDUNGEN IM TEXTE UND 11 LITHOGRAFIERTEN TAFELN.

BERLIN UND WIESBADEN

C. W. KREIDELS VERLAG.

1920.

Inhaltverzeichnis.

I g) Heißdampf-Lokomotiven.	Seite
1. Zur Geschichte der Heißdampf-Lokomotiven	575
2. Die Eigenschaften des Heißdampfes	589
3. Ersparnisse an Wasser und Heizstoff bei Anwendung des Heißdampfes	591
α) Rauminhalt, Gewicht, Zustandgleichungen und Wasserersparnis	591
β) Dehngesetze, Wärme und Arbeitleistung	595
γ) Wasser-Verbrauch und -Ersparnis	605
δ) Heizstoff-Ersparnis	606
4. Erhöhung der Zugkraft	616
5. Begrenzung des Dampfdruckes und der Überhitzung	619
6. Schlußbetrachtungen	624
7. Die Erzeugung des Heißdampfes	625
8. Die Verbrennung und ihre Erzeugnisse	629
α) Der Heizwert der Heizstoffe	629
β) Verbrennung, rechnerischer Luftbedarf und rechnerische Rauchgasmenge	629
γ) Wirklicher Luftbedarf, wirkliche Rauchgasmenge und Rauminhalt der Rauchgase	630
δ) Die wirkliche Verbrennungswärme	632
ε) Erzeugte Wärmemenge, Wärmeverluste und Wirkungsgrad des Kessels	634
ζ) Mittlere spezifische Wärme c_m der Rauchgase	636
9. Theorie der Lokomotiv-Kessel und -Überhitzer	640
α) Der Wärmedurchgang durch Heizflächen	640
A. Wärmedurchgang durch eine ebene Wand bei unveränderlichem Zustande der Wärmeträger	640
B. Wärmedurchgang durch eine ebene Wand bei veränderlichem Zustande der Wärmeträger	641
C. Wärmedurchgang durch Rohrwände bei unveränderlichem Zustande der Wärmeträger	643
D. Wärmedurchgang durch Rohre bei veränderlichem Zustande der Wärmeträger	645
E. Wärmedurchgang durch eine zusammengesetzte Wand	645
F. Wahl der Stromrichtung mit Rücksicht auf die Größe und das Gewicht des Überhitzers	645
G. Wärmedurchgang durch die Heizfläche der Feuerbüchse	646
β) Festwerte für Wärme-Übergang, -Leitung, -Durchgang und -Strahlung	647

INHALTVERZEICHNIS.

IX

	Seite
A. Werte der Wärmeleitung	647
B. Bestimmung des Wärmeunterschiedes der beiden Wandflächen	650
C. Die Werte des Wärmeüberganges	651
I. a_1 und a_2 beim Übergange der Wärme von erhitztem Öle oder Dampfe durch eine Metallwand an siedendes Wasser	653
II. a_1 und a_2 beim Übergange der Wärme nur durch Berührung von Heizgasen durch eine Metallwand an siedendes Wasser	659
III. a_1 , a_2 , R, k und K beim Wärmeübergange von Heizgasen durch eine Metallwand an siedendes Wasser durch Berührung und Strahlung	669
IV. a_1 , a_2 und k beim Übergange der Wärme von Rauchgasen durch eine Metallwand an nassen oder überhitzten Dampf	671
γ) Zusammenfassung der Ergebnisse für den Durchgang der Wärme durch Heizflächen von Lokomotiv-Kesseln und -Überhitzern	677
A. Leitsätze	677
B. End-Gleichungen	677
10. Ergebnisse von Versuchen an Lokomotivkesseln	679
α) Verdampf-Versuche der französischen Nordbahn von 1864 an einem Nafsdampf-Lokomotivkessel	680
β) Verdampf-Versuche von Goss, 1907, an einem Nafsdampf-Lokomotivkessel	681
γ) Verdampf-Versuche von Goss, 1910, an einem Heifsdampf-Lokomotivkessel	685
δ) Versuche von Lomonossow zur Feststellung der maßgebenden Wärmestufen an Lokomotiv-Heifsdampfkesseln	688
A. Versuche an der Taschkent-Bahn	689
B. Versuche an der Nicolaibahn	691
C. Auswertung der Versuche	691
ε) Verdampffähigkeit von Lokomotivkesseln nach O. Busse	700
11. Durchrechnung eines Nafs- und Heifs-Dampfkessels; Vergleich ihrer Leistungsfähigkeit; Schlussfolgerungen	700
α) Nafs- und Heifs-Dampfkessel	702
A. Bestimmung der Verbrennungswärme T_0	702
B. Verdampfung durch die Feuerbüchse	703
I. Wärmeabgabe durch die Feuerbüchse	703
II. Rauchgas-Wärme vor der Rohrwand	703
β) Nafsdampf-Kessel	703
A. Wärmeabgabe durch die Heizrohre	703
I. Werte des Überganges der Wärme	703
II. Bestimmung der Wärmeschaulinien	704
B. Wärmeverlust durch die Abgase	705
C. Abrechnung der Wärme in WE/st	705

Inhaltverzeichnis.

- I g) Heißdampf-Lokomotiven.
1. Zur Geschichte der Heißdampf-Lokomotiven
 2. Die Eigenschaften des Heißdampfes
 3. Ersparnisse an Wasser und Heizstoff bei Anwendung des Heißdampfes
 - a) Rauminhalt, Gewicht, Zustandgleichungen und Wasserersparnis
 - β) Dehngesetze, Wärme und Arbeitleistung
 - γ) Wasser-Verbrauch und -Ersparnis
 - δ) Heizstoff-Ersparnis
 4. Erhöhung der Zugkraft
 5. Begrenzung des Dampfdruckes und der Überhitzung
 6. Schlußbetrachtungen
 7. Die Erzeugung des Heißdampfes
 8. Die Verbrennung und ihre Erzeugnisse
 - a) Der Heizwert der Heizstoffe
 - β) Verbrennung, rechnerischer Luftbedarf und rechnerische Rauchgasmenge
 - γ) Wirklicher Luftbedarf, wirkliche Rauchgasmenge und Rauminhalt der Rauchgase
 - δ) Die wirkliche Verbrennungswärme
 - ε) Erzeugte Wärmemenge, Wärmeverluste und Wirkungsgrad des Kessels
 - ζ) Mittlere spezifische Wärme c_m der Rauchgase
 9. Theorie der Lokomotiv-Kessel und -Überhitzer
 - a) Der Wärmedurchgang durch Heizflächen
 - A. Wärmedurchgang durch eine ebene Wand bei unveränderlichem Zustande der Wärmeträger
 - B. Wärmedurchgang durch eine ebene Wand bei veränderlichem Zustande der Wärmeträger
 - C. Wärmedurchgang durch Rohrwände bei unveränderlichem Zustande der Wärmeträger
 - D. Wärmedurchgang durch Rohre bei veränderlichem Zustande der Wärmeträger
 - E. Wärmedurchgang durch eine zusammengesetzte Wand
 - F. Wahl der Stromrichtung mit Rücksicht auf die Größe und das Gewicht des Überhitzers
 - G. Wärmedurchgang durch die Heizfläche der Feuerbüchse
 - β) Festwerte für Wärme-Übergang, -Leitung, -Durchgang und -Strahlung

INHALTVERZEICHNIS.

	IX
	Seite
A. Werte der Wärmeleitung	647
B. Bestimmung des Wärmeunterschiedes der beiden Wandflächen	650
C. Die Werte des Wärmeüberganges	651
I. a_1 und a_2 beim Übergange der Wärme von erhitztem Öle oder Dampfe durch eine Metallwand an siedendes Wasser	653
II. a_1 und a_2 beim Übergange der Wärme nur durch Berührung von Heizgasen durch eine Metallwand an siedendes Wasser	659
III. a_1 , a_2 , R, k und K beim Wärmeübergange von Heizgasen durch eine Metallwand an siedendes Wasser durch Berührung und Strahlung	669
IV. a_1 , a_2 und k beim Übergange der Wärme von Rauchgasen durch eine Metallwand an nassen oder überhitzten Dampf	671
γ) Zusammenfassung der Ergebnisse für den Durchgang der Wärme durch Heizflächen von Lokomotiv-Kesseln und -Überhitzern	677
A. Leitsätze	677
B. End-Gleichungen	677
10. Ergebnisse von Versuchen an Lokomotivkesseln	679
α) Verdampf-Versuche der französischen Nordbahn von 1864 an einem Nafsdampf-Lokomotivkessel	680
β) Verdampf-Versuche von Goss, 1907, an einem Nafsdampf-Lokomotivkessel	681
γ) Verdampf-Versuche von Goss, 1910, an einem Heißdampf-Lokomotivkessel	685
δ) Versuche von Lomonossow zur Feststellung der maßgebenden Wärmestufen an Lokomotiv-Heißdampfkesseln	688
A. Versuche an der Taschkent-Bahn	689
B. Versuche an der Nicolaibahn	691
C. Auswertung der Versuche	691
ϵ) Verdampffähigkeit von Lokomotivkesseln nach O. Busse	700
11. Durchrechnung eines Nafs- und Heiß-Dampfkessels; Vergleich ihrer Leistungsfähigkeit; Schlussfolgerungen	700
α) Nafs- und Heiß-Dampfkessel	702
A. Bestimmung der Verbrennungswärme T_0	702
B. Verdampfung durch die Feuerbüchse	703
I. Wärmeabgabe durch die Feuerbüchse	703
II. Rauchgas-Wärme vor der Rohrwand	703
β) Nafsdampf-Kessel	703
A. Wärmeabgabe durch die Heizrohre	703
I. Werte des Überganges der Wärme	703
II. Bestimmung der Wärmeschaulinien	704
B. Wärmeverlust durch die Abgase	705
C. Abrechnung der Wärme in WE/st	705

- D. Abrechnung der Wärme in %
- E. Dampferzeugung des Kessels
- γ) Heißdampf-Kessel
- A. Heißdampf-Kessel. 60% der Rauchgase ziehen durch die Heizrohre
 - I. Durchgang der Wärme durch die Heizrohre
 - II. Durchgang der Wärme durch die Flammrohre vor dem Überhitzer
 - III. Durchgang der Wärme durch die Flammrohre und den Überhitzer
 - IV. Wärmeabgabe an den Überhitzer
 - V. Wärmeabgabe an die Flammrohre
 - VI. Wärmeverlust durch die Abgase aus den Flammrohren
 - VII. Wärmeabgabe an den Kessel WE/st
 - VIII. Abgas-Verluste V_5 WE/st
 - IX. Abrechnung der Wärme
 - X. Dampf-Erzeugung und Überhitzung
 - B. Heißdampf-Kessel. 40% der Rauchgase ziehen durch die Heizrohre
 - I. Wärmeabgabe an die Heizrohre
 - II. Abgasverluste V_5 aus den Heizrohren
 - III. Werte des Überganges der Wärme durch die Flammrohre an das Kesselwasser
 - IV. Werte für den Übergang der Wärme durch die Überhitzerrohre an den Dampf
 - V. Wärmeabgabe an die Flammrohre vor dem Überhitzer
 - VI. Mittlerer Wärmeunterschied t_1^m für den Überhitzer
 - VII. Wärmeabgabe an die Flamm- und Überhitzer-Rohre
 - VIII. Wärmeabgabe an den Überhitzer
 - IX. Wärmeabgabe an die Flammrohre
 - X. Abgas-Verlust V_5 aus den Flammrohren
 - XI. Abrechnung der Wärme
 - XII. Schlußfolgerungen
- δ) Erreichbare Überhitzung
- ε) Nachweis der Überlegenheit des Heißdampfessels
- ζ) Führung der Rauchgase durch die Flammrohre
- 12. Regeln für die Berechnung der Kessel von Heißdampflokotiven
- 13. Baustoffe für Dampfüberhitzer
 - α) Erhitzung
 - β) Einfluß der Wärme auf die Eigenschaften
 - γ) Chemischer Einfluß der Feuergase
 - δ) Chemischer Einfluß überhitzten Dampfes
 - ε) Schlußfolgerungen
 - ζ) Stoff für Heiz- und Flamm-Rohre
- 14. Bauarten und Ausführungen von Überhitzern
 - α) Überhitzer mit Nebenschaltung der Heizflächen des Überhitzers und des Kessels, Rauchröhren-Überhitzer

	Seite
A. Der Rauchröhren-Überhitzer von Schmidt	747
I. Teilweise Besetzung	747
a) Preussisch-hessische Staatsbahnen	748
b) Sonstige deutsche Staatsbahnen	758
c) Österreichische Staatsbahnen	758
d) Belgische Staatsbahnen	763
e) Schwedische Staatsbahnen	764
f) Holländische Bahnen	767
g) Französische Bahnen	768
h) Argentinische Bahnen	773
i) Japanische Staatsbahnen	773
k) Russische Bahnen	774
l) Dänische Staatsbahnen	774
m) Nordamerikanische Bahnen	779
II. Einfluß des nachträglichen Einbauens eines Rauchröhren- Überhitzers mit teilweiser Besetzung nach Schmidt auf die Hauptverhältnisse des Kessels	781
III. Der Rauchröhren-Überhitzer von Schmidt mit voller Besetzung, Kleinrohrüberhitzer 1909	788
a) Überhitzer-Einheiten	790
b) Dampfsammelkasten	791
c) Verwendungsgebiet	792
IV. Der Rauchröhren-Überhitzer von Schmidt für hohe Überhitzung, 1913	794
B. Rauchröhren-Überhitzer von Cole	800
I. Patentverzeichnis	800
II. Der Rauchröhren-Überhitzer von Cole mit Field-Rohren	800
III. " " " " Cole mit C-Rohren	801
IV. " " " " Cole mit seitlichen Dampfsammelkästen	801
C. Rauchröhren-Überhitzer von Vaughan und Horsey	803
I. Patentverzeichnis	803
II. Beschreibung	804
D. Rauchröhren-Überhitzer von Toltz	804
E. " " " Emerson	804
F. " " " Notkin	804
G. " " " Farmakowsky	808
H. " " " Kulikowsky	809
J. " " " Neumayer	810
K. " " " der französischen Ostbahn	811
L. " " " von Mestre	814
M. " " " Churchward	816
N. " " " Robinson	817
O. " " " Hughes	818
β) Vorrichtungen für den Betrieb der Rauchröhren-Überhitzer	821

	Seite
D. Abrechnung der Wärme in ‰	706
E. Dampferzeugung des Kessels	706
γ) Heißdampf-Kessel	709
A. Heißdampf-Kessel. 60 ‰ der Rauchgase ziehen durch die Heizrohre	710
I. Durchgang der Wärme durch die Heizrohre	710
II. Durchgang der Wärme durch die Flammrohre vor dem Überhitzer	712
III. Durchgang der Wärme durch die Flammrohre und den Überhitzer	712
IV. Wärmeabgabe an den Überhitzer	714
V. Wärmeabgabe an die Flammrohre	714
VI. Wärmeverlust durch die Abgase aus den Flammrohren	714
VII. Wärmeabgabe an den Kessel WE/st	715
VIII. Abgas-Verluste V_5 WE/st	715
IX. Abrechnung der Wärme	715
X. Dampf-Erzeugung und Überhitzung	715
B. Heißdampf-Kessel. 40 ‰ der Rauchgase ziehen durch die Heizrohre	717
I. Wärmeabgabe an die Heizrohre	717
II. Abgasverluste V_5 aus den Heizrohren	717
III. Werte des Überganges der Wärme durch die Flammrohre an das Kesselwasser	717
IV. Werte für den Übergang der Wärme durch die Überhitzerrohre an den Dampf	717
V. Wärmeabgabe an die Flammrohre vor dem Überhitzer	718
VI. Mittlerer Wärmeunterschied t_1^m für den Überhitzer	718
VII. Wärmeabgabe an die Flamm- und Überhitzer-Rohre	719
VIII. Wärmeabgabe an den Überhitzer	719
IX. Wärmeabgabe an die Flammrohre	719
X. Abgas-Verlust V_5 aus den Flammrohren	719
XI. Abrechnung der Wärme	719
XII. Schlußfolgerungen	721
δ) Erreichbare Überhitzung	726
ε) Nachweis der Überlegenheit des Heißdampfessels	730
ζ) Führung der Rauchgase durch die Flammrohre	732
12. Regeln für die Berechnung der Kessel von Heißdampflokomotiven	735
13. Baustoffe für Dampfüberhitzer	738
α) Erhitzung	739
β) Einfluß der Wärme auf die Eigenschaften	739
γ) Chemischer Einfluß der Feuergase	742
δ) Chemischer Einfluß überhitzten Dampfes	744
ε) Schlußfolgerungen	744
ζ) Stoff für Heiz- und Flamm-Rohre	744
14. Bauarten und Ausführungen von Überhitzern	746
α) Überhitzer mit Nebenschaltung der Heizflächen des Überhitzers und des Kessels, Rauchröhren-Überhitzer	747

	Seite
A. Der Rauchröhren-Überhitzer von Schmidt	747
I. Teilweise Besetzung	747
a) Preussisch-hessische Staatsbahnen	748
b) Sonstige deutsche Staatsbahnen	758
c) Österreichische Staatsbahnen	758
d) Belgische Staatsbahnen	763
e) Schwedische Staatsbahnen	764
f) Holländische Bahnen	767
g) Französische Bahnen	768
h) Argentinische Bahnen	773
i) Japanische Staatsbahnen	773
k) Russische Bahnen	774
l) Dänische Staatsbahnen	774
m) Nordamerikanische Bahnen	779
II. Einfluß des nachträglichen Einbauens eines Rauchröhren- Überhitzers mit teilweiser Besetzung nach Schmidt auf die Hauptverhältnisse des Kessels	781
III. Der Rauchröhren-Überhitzer von Schmidt mit voller Besetzung, Kleinrohrüberhitzer 1909	788
a) Überhitzer-Einheiten	790
b) Dampfsammelkasten	791
c) Verwendungsgebiet	792
IV. Der Rauchröhren-Überhitzer von Schmidt für hohe Überhitzung, 1913	794
B. Rauchröhren-Überhitzer von Cole	800
I. Patentverzeichnis	800
II. Der Rauchröhren-Überhitzer von Cole mit Field-Rohren	800
III. " " " " Cole mit C-Rohren	801
IV. " " " " Cole mit seitlichen Dampfsammelkästen	801
C. Rauchröhren-Überhitzer von Vaughan und Horsey	803
I. Patentverzeichnis	803
II. Beschreibung	804
D. Rauchröhren-Überhitzer von Toltz	804
E. " " " Emerson	804
F. " " " Notkin	804
G. " " " Farmakowsky	808
H. " " " Kulikowsky	809
J. " " " Neumayer	810
K. " " " der französischen Ostbahn	811
L. " " " von Mestre	814
M. " " " Churchward	816
N. " " " Robinson	817
O. " " " Hughes	818
β) Vorrichtungen für den Betrieb der Rauchröhren-Überhitzer	821

	Seite
Vorrichtungen zum Messen der Wärme bei Heißdampfkesseln	821
I. Vorrichtungen zur Messung durch Dehnung	823
a) Der Wärmemesser von Steinle und Hartung	823
b) „ „ „ Fournier und Co.	824
II. Auf elektrischer Wärmewirkung beruhende Vorrichtungen	824
a) Der Wärmemesser von Siemens und Halske	824
b) „ „ „ Steinle und Hartung	826
B. Vorrichtungen zum Reinigen der Rauchröhren-Überhitzer	827
I. Preussisch-hessische Staatsbahnen	827
II. Österreichische Staatsbahnen	829
III. Amerikanische und englische Bahnen	829
C. Vorrichtungen zum Einwalzen und Dichten der Rauchrohre	830
2) Überhitzer mit hinter einander geschalteten Heizflächen für Verdampfung und Überhitzung	830
A. Heizrohr-Überhitzer, bei denen die Rauchgase nach Bestreichen der Heizfläche für Überhitzung nochmals mit der Heizfläche in Berührung kommen	830
I. Der Heizrohr-Überhitzer von Pielock	831
II „ „ „ Slucki	831
B. Heizrohr-Überhitzer, bei denen die Rauchgase nach Bestreichen der Heizfläche des Überhitzers in die Rauchkammer gehen	832
I. Der Heizrohr-Überhitzer von Clench	832
II. „ „ „ Grubinsky	832
III. „ „ „ Michauck	832
IV. „ „ „ Houghton	834
V. „ „ „ Clench-Gotthardbahn	834
VI. „ „ „ Clench-Gölsdorf	834
VII. „ „ „ Clench-badische Staatsbahnen	837
VIII. „ „ „ von Lopuschinsky	837
C. Heizrohr-Überhitzer, bei denen die Abgase den Überhitzer erst in der Rauchkammer bestreichen	839
I. Frischdampf-Überhitzer	839
a) Der Abgas-Überhitzer von Schmidt	839
b) „ „ „ Vaucrain	839
c) „ „ „ Jacobs	840
d) „ „ „ der „New Superheater Co.“	842
e) „ „ „ von Verloop	842
f) „ „ „ Drummond	844
II. Verbinder-Dampftrockner	844
a) Der Verbinder-Dampftrockner von Klien	844
b) „ „ „ Ranafier	844
δ) Vergleich über den Wert der verschiedenen Rauchrohr-Überhitzer	845

	Seite
ε) Hauptmaße der Kessel und Überhitzer von Heißdampflokomotiven	852
Berechnung der Heißdampfmaschine	852
a) Allgemeine Bemerkungen	852
β) Mechanik des Wasserdampfes	855
A. Trockener, gesättigter Dampf	855
B. Nasser Dampf	856
C. Überhitzter Dampf	856
D. Verwandlungsinhalt des Dampfes, „Entropie“	859
E. Die Wärmeschaulinie, TS-Schaulinie und Darstellung der Wärme	865
γ) Entwurf einer Berechnung der Heißdampflokomotive	870
A. Standversuche	871
1. Standversuche an einer 2 B. II. t. Γ. P-Lokomotive von Goss, Illinois-Universität in Urbana, 1907	871
2. Standversuche an einer 2 B. II. T. Γ. P-Lokomotive mit Cole-Überhitzern von Goss, Illinois-Universität in Urbana, 1910	871
I. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild des Versuches zu 1. mit Nassdampf	875
II. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild des Versuches zu 2. mit Heißdampf	882
3. Standversuche an einer 2 B. II. T. Γ. P-Lokomotive mit Schmidt-Überhitzer von Goss, Illinois-Universität in Urbana, 1911	887
I. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild der E. II. T. Γ. G-Tenderlokomotive, Gattung T 16, der preussisch-hessischen Staatsbahnen	889
II. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild der 2 B. II. T. Γ. P-Lokomotive zu 2. für 370° Überhitzung	897
III. Grad der Wärmewirkung der Heißdampf-Maschine und der ganzen Heißdampf-Lokomotive	904
4. Standversuche der Pennsylvania-Bahn, 1904	906
5. Standversuche an einer 2 B 1. II. T. Γ. S-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn, Altoona 1910	907
I. Leistung des Kessels	908
II. Leistung der Maschine, Verbrauch an Wasser und Kohle	912
6. Standversuche an einer 2 B 1. II. T. Γ. S-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn, Altoona 1913	917
I. Leistung des Kessels	919
II. Leistung der Maschine, Verbrauch an Wasser und Kohle	926
9. Standversuche an einer 2 B 1. II. T. Γ. S-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn, Altoona 1915	931
I. Leistung des Kessels	933
II. Leistung der Maschine	938

	Seite
A. Vorrichtungen zum Messen der Wärme bei Heißdampfkesseln	821
I. Vorrichtungen zur Messung durch Dehnung	823
a) Der Wärmemesser von Steinle und Hartung	823
b) „ „ „ Fournier und Co.	824
II. Auf elektrischer Wärmewirkung beruhende Vorrichtungen	824
a) Der Wärmemesser von Siemens und Halske	824
b) „ „ „ Steinle und Hartung	826
B. Vorrichtungen zum Reinigen der Rauchröhren-Überhitzer	827
I. Preussisch-hessische Staatsbahnen	827
II. Österreichische Staatsbahnen	829
III. Amerikanische und englische Bahnen	829
C. Vorrichtungen zum Einwalzen und Dichten der Rauchrohre	830
γ) Überhitzer mit hinter einander geschalteten Heizflächen für Verdampfung und Überhitzung	830
A. Heizrohr-Überhitzer, bei denen die Rauchgase nach Bestreichen der Heizfläche für Überhitzung nochmals mit der Heizfläche in Berührung kommen	830
I. Der Heizrohr-Überhitzer von Pielock	831
II „ „ „ Slucki	831
B. Heizrohr-Überhitzer, bei denen die Rauchgase nach Bestreichen der Heizfläche des Überhitzers in die Rauchkammer gehen	832
I. Der Heizrohr-Überhitzer von Clench	832
II. „ „ „ Grubinsky	832
III. „ „ „ Michauck	832
IV. „ „ „ Haughton	834
V. „ „ „ Clench-Gotthardbahn	834
VI. „ „ „ Clench-Gölsdorf	834
VII. „ „ „ Clench-badische Staatsbahnen	837
VIII. „ „ „ von Lopuschinsky	837
C. Heizrohr-Überhitzer, bei denen die Abgase den Überhitzer erst in der Rauchkammer bestreichen	839
I. Frischdampf-Überhitzer	839
a) Der Abgas-Überhitzer von Schmidt	839
b) „ „ „ Vaucrain	839
c) „ „ „ Jacobs	840
d) „ „ „ der „New Superheater Co.“	842
e) „ „ „ von Verloop	842
f) „ „ „ Drummond	844
II. Verbinder-Dampftrockner	844
a) Der Verbinder-Dampftrockner von Klien	844
b) „ „ „ Ranafier	844
δ) Vergleich über den Wert der verschiedenen Rauchrohr-Überhitzer	845

	Seite
ε) Hauptmaße der Kessel und Überhitzer von Heißdampflokomotiven	852
15. Berechnung der Heißdampfmaschine	852
a) Allgemeine Bemerkungen	852
β) Mechanik des Wasserdampfes	855
A. Trockener, gesättigter Dampf	855
B. Nasser Dampf	856
C. Überhitzter Dampf	856
D. Verwandlungsinhalt des Dampfes, „Entropie“	859
E. Die Wärmeschaulinie, TS-Schaulinie und Darstellung der Wärme	865
γ) Entwurf einer Berechnung der Heißdampflokomotive	870
A. Standversuche	871
1. Standversuche an einer 2 B. II. t. Γ. P-Lokomotive von Goss, Illinois-Universität in Urbana, 1907	871
2. Standversuche an einer 2 B. II. T. Γ. P-Lokomotive mit Cole-Überhitzern von Goss, Illinois-Universität in Urbana, 1910	871
I. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild des Ver- suches zu 1. mit Nafsdampf	875
II. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild des Ver- suches zu 2. mit Heißdampf	882
B. 3. Standversuche an einer 2 B. II. T. Γ. P-Lokomotive mit Schmidt-Überhitzer von Goss, Illinois-Universität in Urbana, 1911	887
I. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild der E. II. T. Γ. G-Tenderlokomotive, Gattung T 16, der preufsisch- hessischen Staatsbahnen	889
II. Arbeit-Schaulinie und Wärme-Schaubild der 2 B. II. T. Γ. P-Lokomotive zu 2. für 370° Überhitzung	897
III. Grad der Wärmewirkung der Heißdampf-Maschine und der ganzen Heißdampf-Lokomotive	904
C. 4. Standversuche der Pennsylvania-Bahn, 1904	906
D. 5. Standversuche an einer 2 B 1. II. T. Γ. S-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn, Altoona 1910	907
I. Leistung des Kessels	908
II. Leistung der Maschine, Verbrauch an Wasser und Kohle	912
E. 6. Standversuche an einer 2 B 1. II. T. Γ. S-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn, Altoona 1913	917
I. Leistung des Kessels	919
II. Leistung der Maschine, Verbrauch an Wasser und Kohle	926
F. 9. Standversuche an einer 2 B 1. II. T. Γ. S-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn, Altoona 1915	931
I. Leistung des Kessels	933
II. Leistung der Maschine	938

	Seite
B. Badische Staatsbahnen	1066
C. Bayerische Staatsbahnen	1068
D. Sächsische Staatsbahnen	1070
E. Württembergische Staatsbahnen	1072
β) Belgien	1072
γ) Dänemark	1077
δ) England	1077
ε) Frankreich	1082
A. Französische Staatsbahnen	1082
B. Französische Nordbahn	1083
C. Paris-Orleans-Bahn	1084
D. Französische Südbahn	1085
E. Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn	1086
F. Französische Ostbahn	1087
ζ) Holland	1088
A. Niederländische Staatsbahnen	1088
B. Holländische Eisenbahn-Gesellschaft	1088
C. Niederländische Zentral-Bahn	1090
D. Westländische Dampfstraßenbahn-Gesellschaft	1091
η) Italien	1092
A. Italienische Staatsbahnen	1092
B. Nord-Mailand-Bahn	1095
C. Römische Nebenbahnen	1096
ι) Norwegen	1097
A. Norwegische Staatsbahnen	1097
B. Norwegische Hauptbahn	1099
κ) Österreich	1099
λ) Portugal	1107
A. Portugiesische Staatsbahnen	1107
B. Portugiesische Eisenbahn-Gesellschaft	1109
μ) Rumänien	1109
ν) Russland	1112
A. Russische Staatsbahnen	1112
B. Russische Privatbahnen	1116
I. Moskau-Kasan-Bahn	1116
II. Wladikawkas-Bahn	1118
III. Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn	1120
IV. Warschau-Wiener-Bahn	1120
ξ) Schweden	1120
A. Schwedische Staatsbahnen	1120
B. Schwedische Privatbahnen	1121
ο) Schweiz	1124
A. Schweizerische Bundesbahnen	1124
B. Schweizerische Privatbahnen	1125

	Seite
B. Badische Staatsbahnen	1066
C. Bayerische Staatsbahnen	1068
D. Sächsische Staatsbahnen	1070
E. Württembergische Staatsbahnen	1072
β) Belgien	1072
γ) Dänemark	1077
δ) England	1077
ε) Frankreich	1082
A. Französische Staatsbahnen	1082
B. Französische Nordbahn	1083
C. Paris-Orleans-Bahn	1084
D. Französische Südbahn	1085
E. Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn	1086
F. Französische Ostbahn	1087
ζ) Holland	1088
A. Niederländische Staatsbahnen	1088
B. Holländische Eisenbahn-Gesellschaft	1088
C. Niederländische Zentral-Bahn	1090
D. Westländische Dampfstraßenbahn-Gesellschaft	1091
η) Italien	1092
A. Italienische Staatsbahnen	1092
B. Nord-Mailand-Bahn	1095
C. Römische Nebenbahnen	1096
ι) Norwegen	1097
A. Norwegische Staatsbahnen	1097
B. Norwegische Hauptbahn	1099
κ) Österreich	1099
λ) Portugal	1107
A. Portugiesische Staatsbahnen	1107
B. Portugiesische Eisenbahn-Gesellschaft	1109
μ) Rumänien	1109
ν) Russland	1112
A. Russische Staatsbahnen	1112
B. Russische Privatbahnen	1116
I. Moskau-Kasan-Bahn	1116
II. Wladikawkas-Bahn	1118
III. Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn	1120
IV. Warschau-Wiener-Bahn	1120
ξ) Schweden	1120
A. Schwedische Staatsbahnen	1120
B. Schwedische Privatbahnen	1121
ο) Schweiz	1124
A. Schweizerische Bundesbahnen	1124
B. Schweizerische Privatbahnen	1125

