

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 37/38 (1901)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Resultate von Messungen an verschiedenen Typen elektrischen Umformer  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-22768>

#### 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:** 19.02.2026

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

Platze ziemlich regellos verteilt sind. Zugänglich war eines Festtages wegen nichts. Neben den Bauten der Universität, die uns indes nur wenig ansprachen, trafen wir auf eine zwar primitiv angeordnete, aber sehr interessante grosse Arena für Wettspiele der Studenten, in welcher gerade ein Fussball-Match zwischen Chicago und Michigan ausgefochten wurde. Es war höchst amüsant diesem Spiele zuzusehen. Eine Menge von Zuschauern hielt die steil ansteigende Holztribüne — sie war in der Art eines antiken Zirkus angeordnet — besetzt und verfolgte mit der grössten Spannung und Anteilnahme den Wettkampf. Die Spieler lagen häufig in einen Knäuel geballt auf der Erde; wenn etwas gut ausfiel, begleitete lauter Zuruf von den Tribünen den glücklichen Spieler. (Forts. folgt.)

### Resultate von Messungen an verschiedenen Typen elektrischer Umformer.

In der Maschinenfabrik Oerlikon bot sich vor einigen Tagen Gelegenheit zwei Umformertypen von beträchtlicher Leistung, die in einer grösseren Zahl von Exemplaren für zwei Centralstationen zur Ablieferung gelangten, sehr sorgfältigen Untersuchungen über Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, Erwärmung, Regulierung und Einzelverluste zu unterwerfen.

Es handelt sich um Drehstrom-Gleichstrom-Umformer einerseits, bestehend aus einem synchronen Motor für 3500 Volt, 50 Perioden, gekuppelt mit einer achtpoligen Gleichstromdynamo für eine normale Leistung von 260 Volt, 1350 Amp. bei 375 Touren, anderseits um Umformergruppen bestehend aus einem asynchronen Drehstrommotor für 6000 Volt, 50 Perioden, gekuppelt mit einer vierpoligen Gleichstromdynamo

für eine normale Leistung von 450 Volt und 510 Amp. bei 370 Touren. Da von jeder Sorte mehrere Exemplare für die Proben zur Verfügung standen, so konnte ohne Aufwand von grösseren Energie Mengen leicht eine dauernde Vollbelastung der Maschinen vorgenommen werden; es arbeitete jeweilen eine Gruppe mit der einen Drehstromseite als Motor und mit der zugehörigen Gleichstromseite als Generator, die andere Gruppe dagegen auf die gleichen Stromkreise mit der Gleichstromseite als Motor und mit der Drehstromseite als Generator. Die Messungen konnten grössstenteils mit den gleichen Instrumenten vorgenommen werden.

Wir geben im folgenden die Resultate, in Form von verschiedenen Kurven wieder, wobei wir bemerken, dass einzelne Kurven, wie z. B. die V-Kurven des synchronen Motors an Hand von einzelnen beobachteten Werten auf rechnerischem Wege durch Extrapolierung erhalten worden sind. Die Abweichung der aus den Einzel-

verlusten berechneten Werte des Wirkungsgrades von den bei den verschiedenen Belastungen direkt gemessenen Werten war durchwegs eine so geringe, dass für die Zeichnung der Kurven Mittelwerte zu Grunde gelegt worden sind.

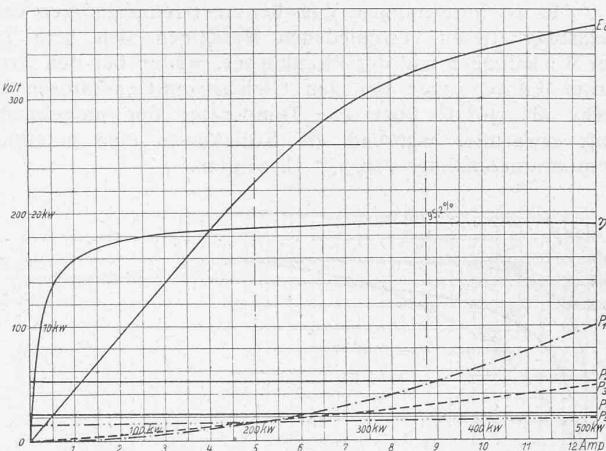


Abb. 2. Gleichstrom-Generator von 350 kw. Typ. N. N. XV.

260 Volt, 1350 Amp., 375 Umdr.

Legende: \$E\_0\$ = Leerlaufcharakteristik, \$\eta\$ = Totaler Nutzeffekt, \$P\_1\$ = Verluste im Armaturkupfer, \$P\_2\$ = Eisenverluste, \$P\_3\$ = Elektrische Bürstenverluste, \$P\_4\$ = Reibungs- und Ventilations-Verluste, \$P\_5\$ = Erreger-Verluste.

In folgender Reihenfolge sind nun die verschiedenen Kurven zusammengestellt:

Abb. 1 stellt die charakteristischen Kurven des Synchron-Motors bei Leerlauf und Kurzschluss als Funktion der Erregerstromstärke dar; ferner die Einzelverluste als Funktion der absorbierten Energie, und schliesslich die V-Kurven bei Vollast,  $\frac{1}{2}$ -Last und Leerlauf. Punktiert sind beigegeben die Kurven für den Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  bei  $\frac{1}{1}$ -Last,  $\frac{1}{2}$ -Last als Funktion der Erregerstromstärke.

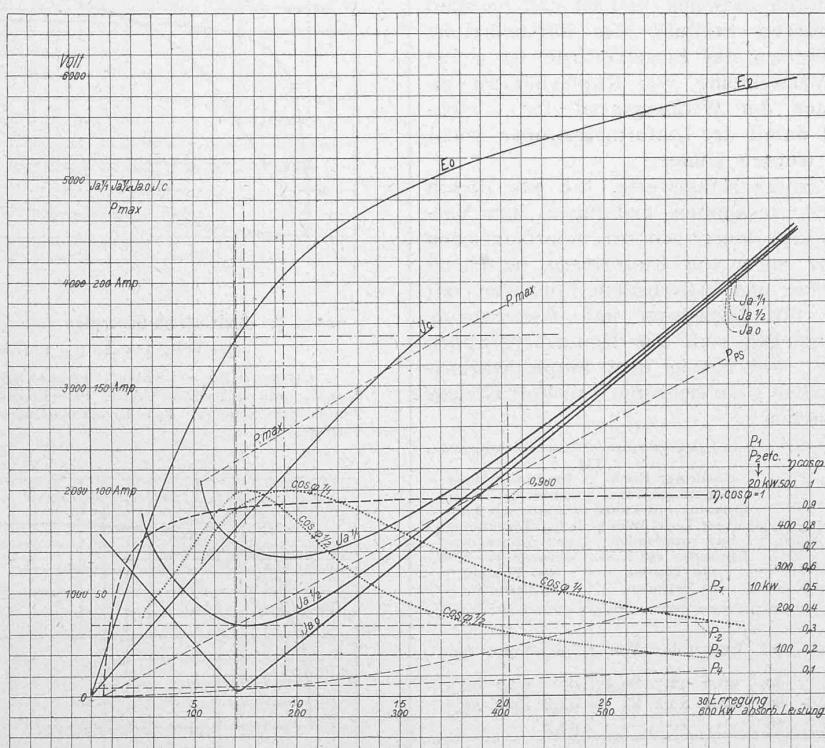


Abb. 1. Synchroner Dreiphasenstrom-Motor von 525 P. S. Type 6080.

3500 Volt, 375 Umdr., 50 Perioden.

Legende: \$E\_0\$ = Leerlaufcharakteristik, \$J\_{c0}\$ = Kurzschlusscharakteristik, \$P\_{max}\$ = Absorbierter Maximal-Leistung bei Aussenritrrfallen des Motors (Wattstrom per Phase), \$J\_{a1/1}\$ = V-Kurve bei Vollast, \$J\_{a1/2}\$ = V-Kurve bei Halblast, \$J\_{a0}\$ = V-Kurve bei Leerlauf, P. S. = Effektive Leistung, \$\eta \cos \varphi 1\$ = Nutzeffekt bei \$\cos \varphi = 1\$, \$\cos \varphi 1/1\$ = Leistungsfaktor bei Vollast, \$\cos \varphi 1/2\$ = Leistungsfaktor bei Halblast, \$P\_1\$ = Verluste im Armaturkupfer, \$P\_2\$ = Verluste durch Hysteresis und Foucaultströme, \$P\_3\$ = Verluste durch Ventilation und Reibung, \$P\_4\$ = Verluste durch Erregung.

als Funktion der Leistung des Gleichstrom-Generators dar.

Abb. 4 enthält die üblichen Kurven für Wirkungsgrad, \$\cos \varphi\$, Primär- und Sekundär-Stromstärke, sowie Einzelverluste des 350 P.S. asynchronen Drehstrom-Motors.

Abb. 3 stellt den totalen Wirkungsgrad dieser Umformergruppe, sowie die Leistungsfaktoren bei zwei verschiedenen, konstant gehaltenen Erregerstromstärken

Abb. 5 enthält die Kurven für den mit diesem asynchronen Motor gekuppelten vierpoligen Gleichstromgenerator für 430 Volt, während:

Abb. 6 den totalen Wirkungsgrad und Leistungsfaktor dieser Gruppe darstellt.

Es ist hinzuzufügen, dass bei einer zehnständigen Vollbelastung dieser verschiedenen Maschinen sich kein Teil der Wickelungen und der Eisenkörper, weder bei den Drehstrom-Motoren noch bei den Gleichstrom-Generatoren, um mehr als  $30^{\circ}$  C über die Temperatur der umgebenden Luft erwärmte, während die Kollektoren eine maximale Temperaturzunahme von  $35^{\circ}$  C. zeigten.

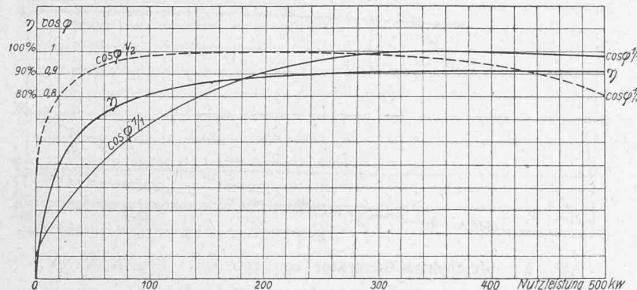


Abb. 3. Motor-Generator von 300 kw. Typ. 6080, Synchroner Drehstrom-Motor, 350 Volt, 375 Umdr., 50 Perioden, gekuppelt mit Gleichstrom-Dynamo Typ. N. N. XV., 260 Volt, 1350 Amp.

Legende:  $\eta$  = Totaler Nutzeffekt.  $\cos \varphi_{1/1}$  = Leistungsfaktor bei Erregung von 8,2 Amp.  $\cos \varphi_{1/2}$  = Leistungsfaktor bei Erregung von 7,1 Amp.

Durch besondere Dimensionierung der Polkerne der Gleichstrom-Generatoren wurde erreicht, dass die Kohlenbürsten auf den Kollektoren zwischen  $1/2$ -Last und Leerlauf funkenlos bei unveränderter Stellung des Bürstenhalters arbeiteten. Aus den Werten der Einzelverluste ist sofort zu ersehen, dass bei Verwendung von Kupferbürsten an Stelle der Kohlenbürsten der Wirkungsgrad der Gleichstrom-Generatoren, und damit der Umformergruppen leicht um  $1/2$  bis  $1\%$  erhöht werden könnte.

Wir stellen nun einige Hauptwerte, die aus diesen Kurven erhalten werden, zusammen und fügen zum Vergleich einige Garantiewerte einer grossen amerikanischen Firma bei für die dritte Sorte von Umformern, bestehend aus ruhendem Transformer und rotierendem Converter mit gemeinsamer Armatur für Drehstrom und Gleichstrom. Diese Garantiewerte beziehen sich auf Umformergruppen für 250 und 500 K. W., die aus je drei Einphasentransformatoren und rotierendem Converter für 550 Volt Gleichstrom, 25 Perioden bestehen.

I.	II.	III.
Umformer Hochspannungs-Synchronmotor, gekuppelt mit Gleichstrom-Generator 350 K.W. 375 Touren.	Umformer Hochspannungs-Asynchronmotor, gekuppelt mit Gleichstrom-Generator 230 K.W. 370 Touren.	Umformer Hochspannungs-Transformer mit künstlicher Luftkühlung und rotierendem Converter 250 K.W. 750 Touren, 25 Perioden.
<i>Wirkungsgrad: (%)</i>		
Mot. Gen. Tot.	Mot. Gen. Tot.	Trans. Conv. Tot.
Last:		Trans. Conv. Tot.
$1/1$ 96 95 91	94,5 95 90	96,6 92,7 89,5
$1/2$ 93 92,5 87	93 92,6 86	95,2 89,2 85
$1/4$ 88 90 80	89 88 78	— — —
<i>Leistungsfaktor (total):</i>		
$1/1$ Last 1,0 <sup>1)</sup>	0,91	—
$1/2$ » 0,9	0,84	—
$1/4$ » 0,7	0,68	—
<i>Erwärmung (°C über umgebende Luft):</i>		
Eisen	30	45
Wickelung	30	45
Kollektor	35	55
<i>Gewicht: (Tonnen)</i>		
Mot. Gen. Tot.	Mot. Gen. Tot.	Trans. Conv. Tot.
12 II 23	8 9,5 17,5	4,65 8 12,65
		6,9 14,5 21,4

1) Dieser Leistungsfaktor bezieht sich auf konstante Erregung; bei regulierter Erregung ist der Leistungsfaktor = 1 für alle Belastungen.

Zum Vergleich der verschiedenen Typen lassen wir noch einige Bemerkungen über das Anlaufen, die Belastungsfähigkeit und das „Aussertrittfallen“ der Maschinen der verschiedenen Systeme folgen.

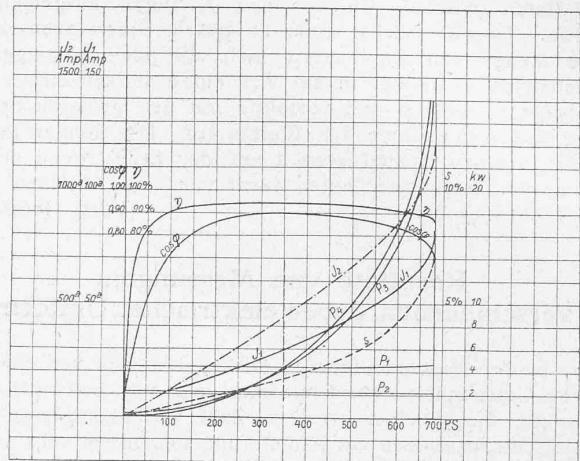


Abb. 4. Dreiphasenstrom-Motor von 350 P.S. Typ. 3071, 6000 Volt, 370 Umdrehungen, 50 Perioden.

Legende:  $J_1$  = Feldstrom pro Phase.  $J_2$  = Ankerstrom pro Phase.  $s$  = Schlußung in %,  $\eta$  = Effektiver Nutzeffekt.  $\cos \varphi$  = Leistungsfaktor.  $P_1$  = Gesamteisenverluste.  $P_2$  = Reibungs- und Ventilations-Verluste.  $P_3$  = Primäre Kupferverluste.  $P_4$  = Sekundäre Kupferverluste.

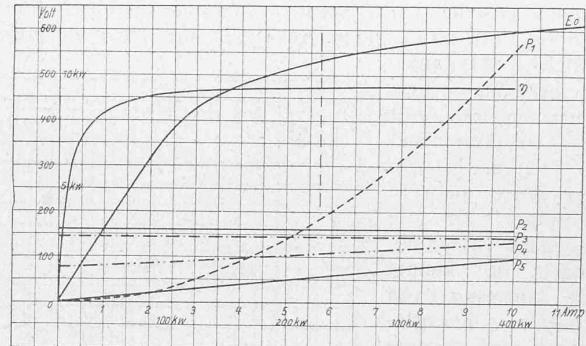


Abb. 5. Gleichstrom-Generator von 230 kw, Typ. N.N. XIV, 450 Volt, 511 Amp., 370 Umdrehungen.

Legende:  $E_0$  = Leerlauf-Charakteristik.  $\eta$  = Totaler Nutzeffekt.  $P_1$  = Verluste im Armatur-Kupfer.  $P_2$  = Eisenverluste.  $P_3$  = Reibungs- und Ventilations-Verluste.  $P_4$  = Erregerverluste.  $P_5$  = Elektrische Bürsten-Verluste.

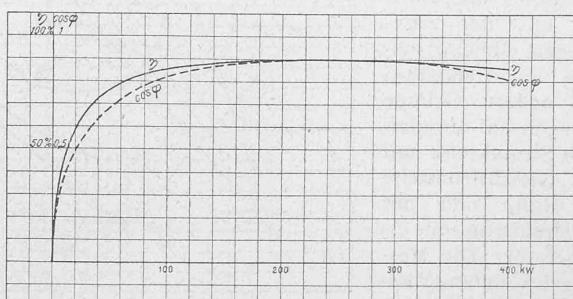


Abb. 6. Motor-Generator von 230 kw, Typ. 3071, Asynchroner Motor, 6000 Volt, 370 Umdr., 50 Perioden, gekuppelt mit einem Gleichstrom-Generator, Typ. N.N. XIV, 450 Volt, 510 Amp.

Legende:  $\eta$  = Totaler Nutzeffekt der Gruppe.  $\cos \varphi$  = Leistungsfaktor des Asynchron-Motors.

Die Umformergruppe mit asynchronem Motor wird angelassen mit einer Stromstärke, die höchstens  $10\%$  über der Leerlaufstromstärke liegt, also etwa  $1/4$  der normalen Stromstärke beträgt. Es befindet sich auf der Nabe des Rotors ein mitrotierender Anlasswiderstand, welcher beim

Anlaufen in besonderer Schaltung eine Phase der Stromkreise des Rotors nach der andern schliesst und so bemessen ist, dass er gerade zum Anlaufen der Umformergruppe genügt. Dieser Widerstand wird während des Anlaufens in vier Abstufungen mittels eines Hebels eingeschaltet und kurzgeschlossen; die Manipulation erfordert etwa 40 Sekunden.

Bei konstanter Klemmspannung beträgt die Ueberlastungsfähigkeit des Motors mindestens das Doppelte der normalen Leistung.

Durch die bekannten Eigenschaften des Asynchron-Motors wird es ermöglicht, dass auch bei momentaner Unterbrechung des Stromkreises, z. B. infolge von Blitzschlägen, der Betrieb der Gruppe nicht unterbrochen wird. Der Motor wird, selbst wenn die Tourenzahl infolge der Unterbrechung um 10 % gesunken sein sollte, ohne Stromexcess wieder seine normale Tourenzahl erreichen, sodass der Betrieb auf der Gleichstromseite nur unbedeutend gestört würde.

Ganz anders verhält sich bekanntlich in Bezug auf dieses „Aussertreffen“ der synchrone Motor und ebenso der rotierende Converter. Diese Maschinen fallen bei jeder momentanen Unterbrechung der Leitung oder bei momentanen Kurzschlüssen in der Leitung (z. B. infolge atmosphärischer Entladungen oder anderer unglücklicher Vorkommnisse) regelmässig ausser Tritt und es muss das Anlassen der Gruppe von neuem vorgenommen werden, was selbstverständlich zu einer mehr oder weniger langen Betriebsunterbrechung auf der Gleichstromseite führt. Wesentlich zu Gunsten der Anordnung mit Asynchron-Motor spricht ferner ihre vollkommene Freiheit von den Erscheinungen des Pendelns und Mischswingens.

Das Anlassen der Umformergruppe mit Synchron-Motor geschieht in unserem Falle durch den Gleichstromgenerator, welcher als Motor von einem Gleichstromnetz aus angetrieben werden kann; hiezu sind ungefähr 10 % der normalen Stromstärke des Gleichstromgenerators erforderlich.

Was die Ueberlastungsfähigkeit des Synchron-Motors anbelangt, so richtet sie sich wesentlich nach der Erregerstromstärke, die für den Betrieb gewählt wird. Bei einer Erregerstromstärke, welche so eingestellt ist, dass bei Vollast der Leistungsfaktor 1 wird, beträgt die Ueberlastungsfähigkeit des Synchron-Motors der Maschinenfabrik Oerlikon ungefähr 90 %: wird die Erregerstromstärke so erhöht, dass der Leistungsfaktor bei Vollast etwa 0,97 beträgt, mit einer voreilenden Stromkomponente, so wird die Ueberlastungsfähigkeit mehr als das Doppelte der normalen Leistung betragen.

Die Umformer mit rotierendem Converter werden im allgemeinen ebenfalls von der Gleichstromseite aus angespannt, mit eben so geringer Stromstärke.

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, dürften bezüglich des Wirkungsgrades sämtliche Systeme einander vollständig gleichwertig sein, so lange wenigstens als die Wechselstromspannung der Linie keine so grosse ist, dass Asynchron- oder gar Synchron-Motoren ebenfalls eine vorherige Transformierung verlangen. Hinsichtlich des Leistungsfaktors wird das System mit asynchronem Motor je nach der Regulierung der Erregung 5—10 % ungünstiger ausfallen, als die übrigen Systeme mit synchronen Maschinen. Dagegen dürfte bezüglich der Einfachheit der Manipulation beim Anlaufen, der hohen Betriebssicherheit bei Liniestörung und der Freiheit von Schwingungen der Generatoren das System mit asynchronen Motoren weitaus den Vorzug verdienen. Die Systeme mit getrennten Motoren und Generatoren besitzen gegenüber dem System mit rotierendem Converter den Vorzug, dass der Gleichstrom beliebig und vollkommen unabhängig vom Drehstrom-Motor in der Spannung reguliert werden kann.

Für die Konstruktion sehr wesentlich ist bei dem System der Motor-Generatoren die Unabhängigkeit der Polzahl beider Maschinen, sodass die Polzahl des Gleichstrom-Generators beliebig klein gewählt werden kann,

je nachdem es gerade die Erfordernisse einer tadellosen Stromkommutierung wünschbar machen und zwar auch bei hohen Perioden- und Tourenzahlen des Drehstrom-Motors, während bekanntlich der rotierende Converter bei Periodenzahlen, die höher sind als 30 Perioden per Sekunde, eine für die Kommutierung sehr ungünstige grosse Polzahl erfordert.

## Konkurrenz.

**Bebauungsplan für Florenz.** Die «R. Accademia delle arti del disegno» in Florenz eröffnet, mit Einlieferungsfrist bis zum 31. Januar 1902, einen unbeschränkten Wettbewerb zur Gewinnung von Entwürfen für eine Reihe von Verbesserungen im Weichbild des alten Florenz. Vorerst handelt es sich um die bessere Gestaltung des Platzes vor S. Biagio, dann um die Sanierung des Quartiers zwischen der Via Guicciardini, dem Borgo S. Jacopo und der Via Maggio auf dem linken Arno-Ufer, ferner um die Anlage einer neuen Verbindungsstrasse zwischen dem Stadt-Centrum und dem Stadtteil links vom Arno, endlich um eine bessere Verbindung des Lung' Arno Torrigiani mit S. Frediano. Für die beste Lösung dieser sämtlichen Aufgaben wird *ein einziger* Preis von 1500 Lire erteilt. Das Preisgericht besteht aus fünf Mitgliedern des Collegio Accademico und sechs Delegierten von Vereinigungen mit künstlerischen, antiquarischen, geschichtlichen und kommerziellen Zwecken in der Stadt Florenz. Die Unterlagen des Wettbewerbes können gegen Einsendung von 1 L. bezogen werden vom Segretario del Collegio Accademico, Via Ricasoli 54 in Florenz.

**Rathaus in Cassel.** Auf deutsche Architekten beschränkter Wettbewerb mit hohen Preisen, nämlich: Ein erster Preis von 9000 M., zwei zweite von je 5000 M., zwei dritte von je 3000 M. und zwei vierte von je 1000 M. Einlieferungsfrist: 1. Mai 1902. Im Preisgericht sitzen neben vier Nichtfachmännern die HH. Baurat Bohnstedt und Prof. Schneider in Cassel, Oberbaurat Eggert in Berlin, Stadtbauräte Höpfner und Oberbaurat Prof. Hofmann in Darmstadt, Stadtbaurat Prof. Licht in Leipzig und Prof. v. Thiersch in München. Die Bausumme beträgt 1650 000 M. Der Baugrund bildet ein Rechteck. Die meisten Zeichnungen sind in 1:200, eine Hauptansicht in 1:100 auszuführen. Die Bewerber sind an eine bestimmte Stilrichtung nicht gebunden; als Material für die Fassaden ist Haustein angenommen. Die Behörde beabsichtigt die künstlerische Bearbeitung des Ausführungs-Entwurfes einem der Preisgewinner zu übergeben, während die technische Leitung des Baues dem Stadtbauamt überwiesen wird. Die Unterlagen können gegen Einsendung von 5 Mark vom Stadtbauamt, Wilhelmshöher-Platz Nr. 5, in Cassel bezogen werden.

**Für Möblierung und Ausstattung eines bürgerlichen Wohnzimmers** wird vom Gewerbe-Museum Bern ein auf schweizerische oder in der Schweiz niedergelassene Architekten, Kunstgewerbezeichner, Schreiner und Tapezierer beschränkter Wettbewerb eröffnet. Termin: 1. März 1902. Das Preisgericht, dem eine Summe von 900 Fr. für Prämierung der besten Entwürfe zur Verfügung steht, setzt sich zusammen aus den Herren: Arch. Jung in Winterthur; Blom, Museumsdirektor in Bern; Büssinger, Schreinermeister in Basel und Küchle-Bouvier, Tapezierer in Neuenburg. Nach erfolgter Beurteilung sollen die eingereichten Entwürfe im Gewerbe-Museum zu Bern 14 Tage lang ausgestellt werden. Durch letztgenannte Stelle kann auch das Konkurrenzprogramm bezogen werden.

## Miscellanea.

**Internationaler Ingenieur-Kongress in Glasgow.** Da fast alle grossen technischen Vereine Englands ihre diesjährigen Sommer-Versammlungen nach Glasgow verlegt und bestimmt hatten, dass diese alle in den Tagen vom 3. bis 6. d. M. stattfinden sollten, so traf es sich, dass zu jener Zeit etwa 3000 Fachmänner der technischen Berufsrichtung dort anwesend waren und jedem Teilnehmer Gelegenheit geboten wurde aus den 100 bis 120 Vorträgen, die angemeldet waren, die für ihn interessantesten auszuwählen. Ehrenvorsitzender des gesamten Kongresses, an dem sich auch die hauptsächlichsten kontinentalen Fachvereinigungen vertreten liessen, war Lord Kelvin, geschäftsführender Vorsitzender der Präsident der Institution of Civil Engineers: James Mansergh. In seiner Eröffnungsrede wies er auf die hohe, geachtete Stellung hin, die der Ingenieur in England einnimmt. Die Ingenieure, sagte er, bilden nicht bloss eine Berufs-klasse, sie bilden eine Menschenart. In ähnlichem Sinne, wie dies einst von Schulratspräsident Kappeler betont wurde, führte er aus, dass es ziemlich gleichgültig sei, ob der Ingenieur einen Titel führe, ob er ein Diplom besitze oder nicht, die Hauptsache sei immer seine Leistung, *auf die allein*