



# Effiziente Motoren auf dem Prüfstand

- Grundlagen
- Norm EN60034-2-1
- Prüfstand an der HTW Chur
- Praktische Erfahrungen
- Anregungen und Ausblick



20. Oktober 2010

Max Schalcher, Toni Venzin

# Grundlagen: (1)

## Einsatz von Prüfständen für effiziente Motoren:

Prüfstände sind erforderlich für die Beschaffung von möglichst genauen Daten, z.B. für die:

- Einteilung von Motoren in Effizienzklassen
- Verbesserung der Effizienz bzw. Reduktion der Verluste
- genaue Dimensionierung von Antrieben
- Überprüfung von Herstellerangaben
- Identifikation von Einsparpotenzialen

## Ziele:

Ziele sind z.B.:

- Erfüllung einer Norm (normgerechte Prüfungen)
- Durchführung von reproduzierbaren Messungen
- Erzielung einer hohen Genauigkeit

# Grundlagen: (2)

## Normen:

- Unterstützen einheitliche Messverfahren
- In den meisten Fällen sind Prüfstände für normgerechtes messen eine Voraussetzung

## Ausrüstung:

- Messgeräte und Stromversorgung müssen den Anforderung der Norm genügen
- regelmässiges Kalibrieren der Messgeräte und Überprüfen der Messeinrichtung

## Zahlreiche Messverfahren für den Wirkungsgrad:

- direkte Bestimmung aus der aufgenommenen **und** der abgegebenen Leistung
- indirekte Bestimmung aus der aufgenommenen **oder** der abgegebenen Leistung und den Gesamtverlusten

## Genauigkeit:

- niedrige, mittlere und hohe Unsicherheit
- absolute Angabe der Messgenauigkeit

## Mittels Prüfstände sind weitergehende Untersuchungen möglich, z.B.:

- thermisches Verhalten, zyklische Belastung, verschiedene Betriebsarten
- dynamisches Verhalten, Lastsprünge, Hochlaufkennlinie

# Norm EN60034-2-1 (1)

## Neue Norm (2007):

- Verfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades
- Für Belastungsprüfungen ist ein Prüfstand erforderlich

## Prüfverfahren:

Trotz umfassend festgelegter Prüfverfahren gibt es für den Anwender Probleme zu lösen, z.B.:

- je nach gewählter Messmethode anspruchsvolle Umsetzung
  - theoretisch: Berechnungen (z.B. Ersatzschaltbild, Korrelationsrechnung, usw.)
  - praktisch: aufwändige Messeinrichtungen (z.B. Messgeräte für Leistung und Drehmoment)
- die Wicklungstemperatur lässt sich ohne Sensoren nicht immer genau einhalten
- die Methoden zur Bestimmung der Zusatzverluste sind nicht immer leicht nachvollziehbar

# Norm EN60034-2-1 (2)

$$\text{Wirkungsgrad} = \eta[\%] = \frac{\text{abgegebene mech. Leistung}}{\text{aufgenommene elektr. Leistung}} \times 100\%$$

zugeführte  
elektrische Leistung



abgegebene  
mechanische Leistung



Verluste:

- Eisenverluste
- Ständerwicklungsverluste
- Rotorverluste
- Reibungs- und Lüfterverluste
- Lastabhängige Zusatzverluste

# Dokumentation der Messresultate (1)

## Prüfbericht (HTW Chur)

umfasst ca. 10 Seiten und enthält **alle** Messungen und Resultate gemäss EN 60034-2-1, insbesondere:

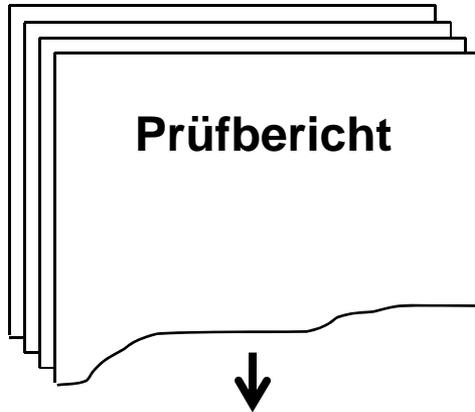
- Wicklungswiderstände kalt/warm
- Wirkungsgrade bei Nennlast und Teillast
- Aufteilung der Gesamtverluste in konstante-, lastabhängige- und Zusatzverluste
- Auswertung (Tabellen, Diagramme, Grafiken), Kommentierung der Resultate

## Das Prüfprotokoll

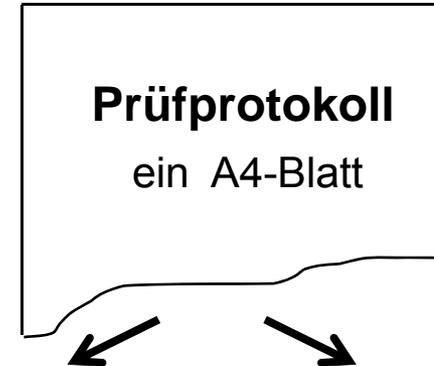
ist ein standardisiertes A4-Blatt (1 Seite). Es ist ein **Auszug** aus dem Prüfbericht mit den Angaben:

- zum Prüfling, der Messeinrichtung und der Messmethode
- zum Wirkungsgrad bei Nennlast für die Bestimmung/Zuteilung der Effizienzklasse

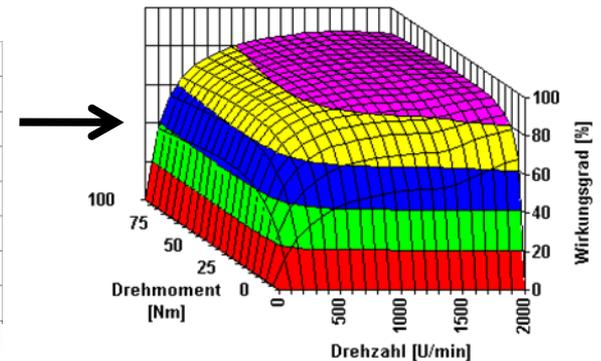
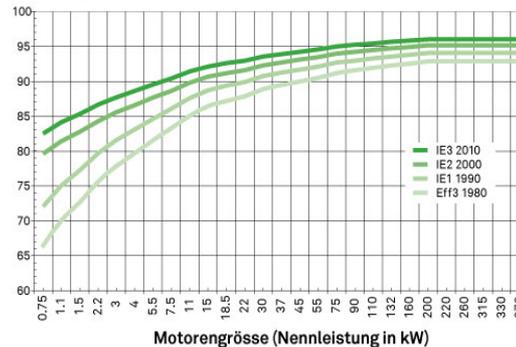
# Dokumentation der Messresultate (2)



Zusammenfassung



Wirkungsgrad von Elektromotoren mit 4 Polen (%)



für **Hersteller**  
sämtliche Messwerte gemäss Norm  
mit Detailangaben zu den Verlusten

für **topmotors.ch**  
Zuteilung zur Effizienzklasse

für den **Anwender**  
Zusatzinformationen zum  
Wirkungsgrad unter Teillast

Quelle: Rolf Gloor, [www.energie.ch](http://www.energie.ch)

# Dokumentation der Messresultate (3)

## Prüfdokumente

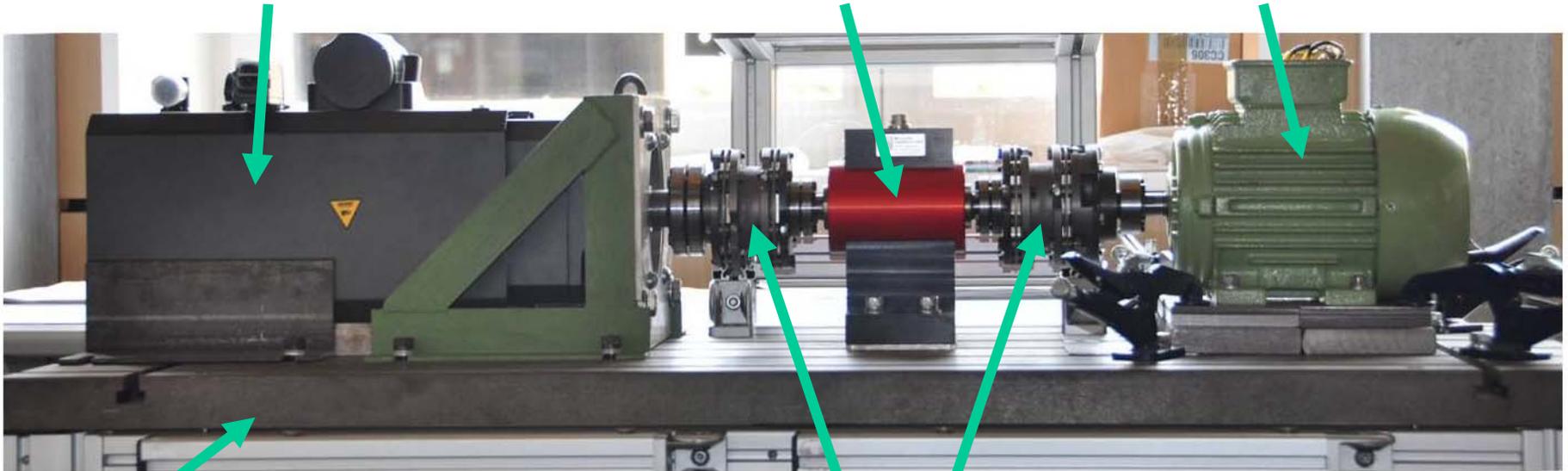
- Der detaillierte **Prüfbericht** der HTW Chur bezieht sich auf die bisher gemessenen Induktionsmaschinen, die nach der direkten Messmethode geprüft werden.
- Die Struktur des Berichtes wurde von S.A.F.E. / TopMotors akzeptiert.
- Das eine A4-Seite umfassende **Prüfprotokoll** der HTW Chur gilt als Entwurf und ist zur Zeit in der Vernehmlassung. Dieses Standardprotokoll soll in Zukunft die Vergleichbarkeit der Messresultate unter den Prüfstellen und Anwendern unterstützen bzw. vereinfachen.
- Die aktuelle Version sollte mit Angaben zum Wirkungsgrad bei Teillast ergänzt werden,  $\eta = f(M)$  und  $\eta = f(n) \rightarrow$  Zusatzinformationen für Anwender

# Prüfstand an der HTW Chur

**Belastungsmaschine**  
max 12 kW

**Messwelle**  
max 50 Nm

**Prüfling**  
Wellenhöhe max. 115mm



**Testbank mit Spannplatte**

**Flex-Kupplungen**

Damit lassen sich folgende Motoren (ASM) bei 50Hz messen:

- 2-polig, max. Nennmoment 25Nm, Leistung max. 7,9kW
- 4-polig, max. Nennmoment 33Nm, Leistung max. 5,1kW

# Praktische Erfahrungen (1)

Der Motorenprüfstand gehört zum **S.A.L.T.** Swiss Alpine Laboratories for Testing of Energy Efficiency Labor, dem Kompetenzzentrum zur Bestimmung der Energieeffizienz an der HTW Chur (**S**wiss **A**lpine **L**aboratories for **T**esting of Energy Efficiency).

## Merkmale

-  herstellernerneutrale Prüfung
-  Einsatz für Projekte, Ausbildung der Studierenden, Sensibilisierung der Studienabgänger für Energieeffizienz-Massnahmen
-  Messunsicherheit mit direkter Messung niedrig
-  mechanisches Einrichten (kuppeln) des Prüflings aufwendig (keine Serien bis jetzt)
-  mechanische und elektrische Grenzen des Prüflings (Prüfplatzabhängig)

[ S · A · F · E ]



**HTW** Chur

Internationaler  
**MOTOR SUMMIT 2010**  
25.Okt.





# Anregungen



## Systemwirkungsgrad

- Bestimmung des Wirkungsgrades des Motors inklusive Stromversorgung ( z.B. Frequenzumrichter)

## Vereinfachungen

- nur Wirkungsgrad bestimmen bei Nenn- und Teillasten (25%,50%,75% 100%)
- Kein Prüfbericht, nur Prüfprotokoll

*keep it simple*

## Genauigkeit der Wirkungsgradmessung

- Angabe des Wirkungsgrades mit Fehlergrenzen, z.B.  $\eta = 93\% \pm 0,2\%$

## Herstellertoleranzen

- Messung von mehreren, aus unterschiedlichen Produktionsserien (zeitlich versetzt) hergestellten Motoren zur Erfassung von Herstellertoleranzen

## Vergleichsmessungen

- systematische Durchführung von Round Robin Messungen
- Auswertung aus den Ringversuchen

# Ausblick



## Zukünftige Trends

- Weitere Steigerung der Effizienz bedingt höhere Anforderungen an den Messplatzgenauigkeit
- Messung von weiteren Motoren wie Schrittmotoren, etc
- Reduktion der Kosten durch hohe Automatisierung der Messabläufe
- [topmotors.ch](http://topmotors.ch) wird an Bedeutung gewinnen (ähnlich [www.topten.ch](http://www.topten.ch))

**Vielen Dank für Eure  
Aufmerksamkeit.**

9. November 2010