

Vorher-Nachher-Vergleich

Standard-Test-Report – STR

■ Der Standard-Test-Report dient der standardisierten Dokumentation des Ist- und des Soll-Zustandes, also der relevanten Anlagewerte vor und nach der Umsetzung von Verbesserungsmassnahmen. Damit bildet der STR ein einfaches Controlling des Projektes.

Fünf wichtige Punkte zum Standard-Test-Report:

- Die Analyse des bisherigen Zustandes bildet die Grundlage eines Projektes zur Effizienzsteigerung.
- Aus Messungen der minimalen, der maximalen und der mittleren elektrischen Leistungen resultiert der Lastfaktor.
- In Verbindung mit dem Leistungsbedarf beim Anlauf liefert der mittlere Lastfaktor Angaben zur Qualität der Dimensionierung.
- Mit der Konfiguration besserer Komponenten lassen sich die zu erwartenden Wirkungsgrade respektive Energiebedarfswerte berechnen.
- Die präzise Berechnung oder die approximative Abschätzung der Kosten von Massnahmen ergibt das Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Massnahmen zur Energieeinsparung

Eine Massnahme zur Energieeinsparung bei industriellen Antriebssystemen bedingt eine Analyse respektive eine Messung der bestehenden Anlage. Danach erfolgt die Planung der neuen Anlage, die Demontage der alten und die Auswahl der neuen Maschine, deren Montage sowie die Einregulierung inkl. der Systemintegration. Für die Kontrolle des Lastzustandes werden elektrische Leistungsmessungen durchgeführt (Merkblatt 8: Messkonzepte). Die Messergebnisse werden, zusammen mit den Beobachtungen während des Betriebs und weiteren anlagespezifischen Infos, im Standard-Test-Report (STR) zusammengetragen. Diese Daten bilden die Grundlage für systematische Verbesserungen des Antriebssystems. Die STR-Vorlage kann als Excel unter www.topmotors.ch heruntergeladen werden.

Als Bezugssystem gilt immer das ganze Antriebssystem, d.h. Motor, FU, Transmission, Anwendung und Nutzung.

Der STR umfasst zwei sichtbare Seiten in Excel, die direkt ausgedruckt werden können (siehe Abbildung 1).

Der STR im Detail

Seite 1 oben: Detaillierte Beschreibung der zu untersuchenden Anlage im Ist-Zustand:

- Daten des Motors gemäss Typenschild und der übrigen Elemente
- Auswertung von Anlagenunterlagen und Anlagenschemata (z. B. Alter, Wirkungsgrade)
- Betriebsdaten, z. B. Betriebsstunden pro Jahr (aus ILI, siehe auch Merkblatt 3)
- Mit diesen Angaben lässt sich der Wirkungsgrad des Motors berechnen.

Seite 1 unten: Resultate der elektrischen Lastmessung.

- Die elektrische Leistung (Motor, eventuell inklusive FU) wird beim Start und im Betrieb gemessen und, zusammen mit Angaben zum tatsächlichen Zustand, dokumentiert.

- Die Ergebnisse werden in einer Graphik dargestellt und die Minimal, Maximal- und Mittelwerte der elektrischen Leistung in einer Tabelle dokumentiert und als Lastfaktor ausgewiesen.
- Zusammen mit dem Leistungsbedarf beim Start ergibt der mittlere Lastfaktor einen Hinweis zur Dimensionierung respektive Überdimensionierung der Anlage.

Seite 2 oben: Grobkosten der einzelnen Massnahmen zur energetischen Verbesserung (Abbildung 2).

- In der Liste werden die Verbesserungsmassnahmen, deren Umfang und energetische Wirkung beschrieben.
- Schätzung der Kosten der Komponenten und der Planung, Demontage und Montage sowie Inbetriebnahme und auch Entsorgung.
- Die Summe dieser Kosten geht in die Kosten-Nutzen- und Payback-Rechnung am unteren Rand dieser Tabelle ein.

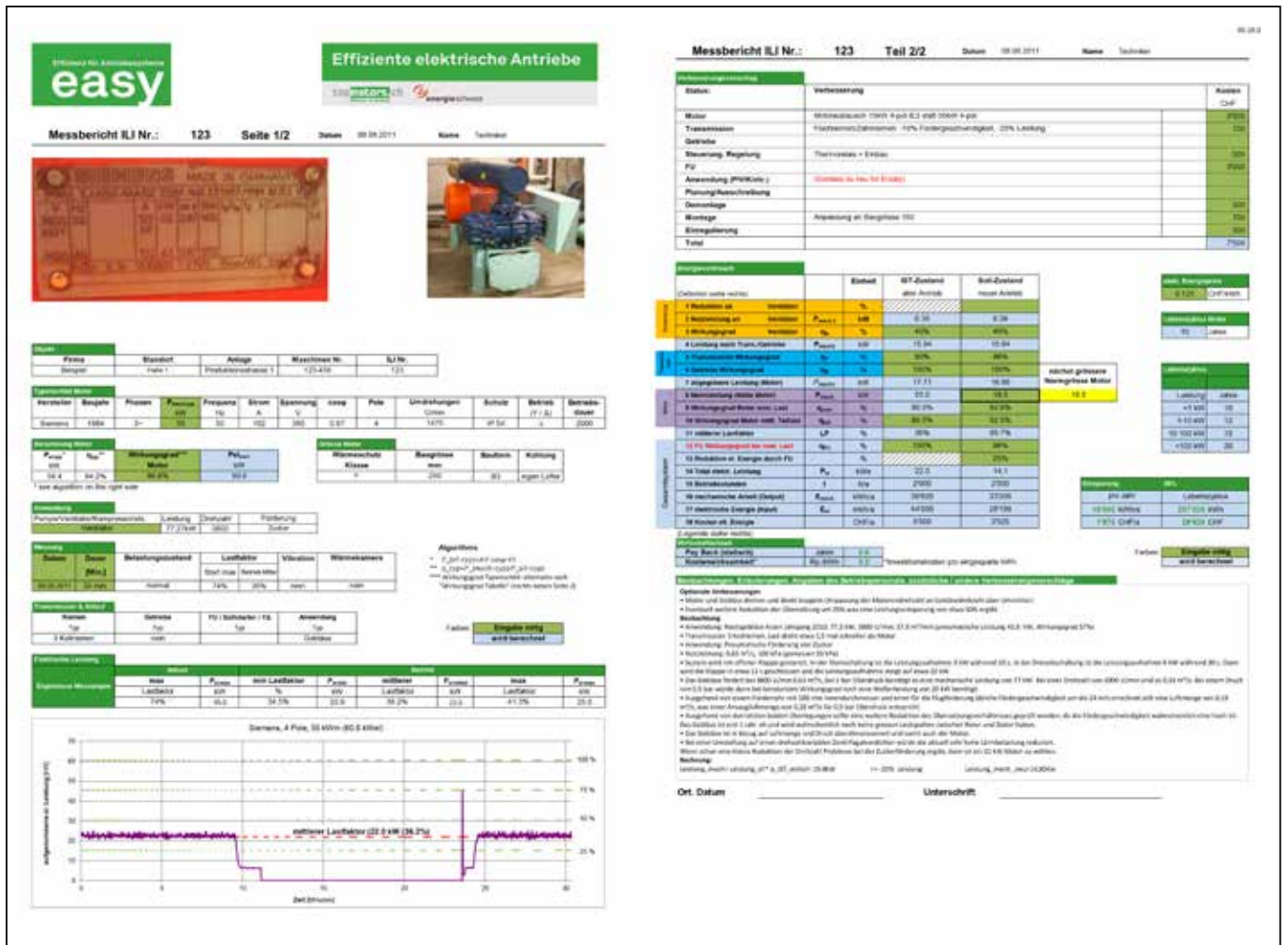


Abbildung 1: Standard-Test-Report: Aufnahme des Ist-Zustandes, Messergebnisse, Berechnung der Kosten, Verbrauch im Ist- respektive im Soll-Zustand und Payback-Dauer

Seite 2 Mitte: Berechnung des Energiebedarfs des Gesamtsystems im Ist- und im Soll-Zustand (Abbildung 3).

- Die Analyse der Messergebnisse des Ist-Zustandes erlaubt es, den einzelnen Komponenten Wirkungsgrade respektive Leistungen zuzuordnen sowie den effektiv nötigen mechanischen Leistungsbedarf abzuschätzen.

- Aufbauend auf dieser Analyse des Ist-Zustandes können bessere und angepasste Komponenten evaluiert und mit den neuen Wirkungsgraden und erforderlichen Leistungen der Soll-Zustand definiert werden. Daraus ergibt sich die künftig notwendige elektrische Leistung und der Energieverbrauch.

- Im untersten Teil dieser Tabelle wird die Paybackdauer mit Energie- und Betriebskosteneinsparung sowie die Investitionskosten berechnet. Die Paybackfrist wird (siehe Merkblatt 5: Investitionsplan) als einfache statische Payback-Dauer der Gesamtkosten ermittelt.

Seite 2 unten: Offener Kasten für Erläuterungen

- Vorkommnisse respektive Beobachtungen während der Messung
- Detaillierte Information zum Prozess während der Messung
- Vorschläge für weitere Untersuchungen
- Alternative Verbesserungsvarianten mit höherem Interventionsgrad
- Allgemeine Notizen und Erkenntnisse zum Antriebssystem

Ermittlung der Kosten

Die Kosten (siehe Abbildung 2) der einzelnen Massnahmen werden aufgrund von Erfahrungswerten oder Richtpreisen (siehe Merkblatt 10: Motorpreise und Merkblatt 11: FU-Preise) geschätzt oder durch konkrete Unternehmerofferten ermittelt. In einer späteren Phase sollen dazu für umfangreichere Massnahmen (über 10 000 Fr.) Konkurrenzausschreibungen (siehe Merkblatt 4: Ausschreibung) mit einem detaillierten Pflichtenheft erstellt und die Angebote verschiedener Unternehmer auf Grund ihrer Qualität, Energieeffizienz und Preis verglichen werden.

Bei grösseren Anlagen mit unterschiedlichem Wartungs- und Betriebsaufwand müssen in einer genaueren Untersuchung auch die Betriebskosten im Ist- und Soll-Zustand ermittelt werden.

Beim Ersatz von bestehenden Anlagen muss untersucht werden, ob deren technische Nutzungsdauer bereits abgelaufen ist. Topmotors geht von den in Merkblatt 5: Investitionsplan festgelegten technischen Nutzungsdauern in Abhängigkeit der Grösse aus.

- Falls die Maschine älter als ihre erwartete Nutzungsdauer ist, ist sie abgeschrieben, d.h. ihr Ersatz mit einer gleichartigen Maschine ist Teil der regelmässigen Erneuerung des Maschinenparks. Nur die Zusatzkosten für eine höherwertige Maschine (z. B. IE3 statt IE1) und zusätzliche Komponenten (z. B. Frequenzumrichter) müssen in die Kosten-Nutzen-Untersuchung einbezogen werden.

- Falls die Maschine ihre technische Nutzungsdauer noch nicht vollständig erreicht hat, funktionsfähig ist und trotzdem mit einer energetisch verbesserten

Verbesserungsvorschlag		
Status:	Verbesserung	Kosten CHF
Motor	Motoraustausch 15kW 4-pol IE3 statt 55kW 4-pol	2'000
Transmission	Flachriemen/Zahnriemen: -10% Fördergeschwindigkeit, -25% Leistung	700
Getriebe		
Steuerung, Regelung	Thermorelais + Einbau	500
FU		3'000
Anwendung (P/N/K/etc.)	(Gebläse zu neu für Ersatz)	
Planung/Ausschreibung		
Demontage		300
Montage	Anpassung an Baugrösse 160	700
Einregulierung		300
Total		7'500

Abbildung 2: Kosten des Verbesserungsvorschlages mit Planung, Kosten der einzelnen Komponenten, Demontage, Montage und Einregulierung

Anlage ersetzt werden soll, muss der Restwert der alten Anlage ermittelt werden und in die Kosten-Nutzen-Untersuchung einbezogen werden. Vereinfacht kann der Restwert wie folgt berechnet werden (siehe Merkblatt 5: Investitionsplan):

$$\frac{(\text{Anfängliche Investition der alten Anlage} \times \text{Anteil der noch verbleibenden Jahre})}{\text{Gesamte Nutzungsdauer}}$$

(Gesamte Nutzungsdauer)

Ermittlung der Energieeinsparung

Die Energieeinsparung jeder einzelnen Massnahme muss mit einer genügenden Genauigkeit für die Beurteilung eines sinnvollen Ersatzes untersucht werden. Durch die Beschreibung der Komponenten (Motor, Anwendung, FU, Transmission, etc.), der erhobenen Lastfaktoren und gemessenen elektrischen Leistungen

lassen sich der Ist-Zustand des alten Antriebssystems ermitteln (Abbildung 3, linke Spalte «Ist-Zustand»).

Durch Bestimmung der neuen Komponenten für den Soll-Zustand des energieeffizienten Antriebssystems lassen sich die neuen Wirkungsgrade abschätzen (Abbildung 3, rechte Spalte «Soll-Zustand»).

In Fällen ohne Detailabklärungen und ohne Messungen sowie bei Umsetzung standardisierter Massnahmen kann eine pauschale Grobabschätzung vorgenommen werden, die allerdings später überprüft werden muss.

Die STR-Vorlagen umfasst weitere Hilfstabellen auf der rechten Seite, die am Bildschirm erscheinen, aber im Druck unsichtbar sind. Sie dienen hauptsächlich der Ermittlung des Motorenwirkungsgrades mit Tabellen gemäss IEC 60034-30-1 (2014).

		Energieverbrauch			Einheit	IST-Zustand alter Antrieb	Soll-Zustand neuer Antrieb
		(Definition siehe rechts)					
Anwendung	1 Reduktion an Ventilator			%			
	2 Nutzleistung an Ventilator	P_{mech3}		kW	6.38	6.38	
	3 Wirkungsgrad Ventilator	η_A		%	40%	40%	
	4 Leistung nach Trans./Getriebe	P_{mech2}		kW	15.94	15.94	
Transmission	5 Transmission Wirkungsgrad	η_T		%	90%	96%	
	6 Getriebe Wirkungsgrad	η_G		%	100%	100%	
	7 abgegebene Leistung (Motor)	P_{mech1}		kW	17.71	16.60	
Motor	8 Nennleistung (Welle Motor)	P_{mech}		kW	55.0	18.5	
	9 Wirkungsgrad Motor nom. Last	η_{nom}		%	90.5%	92.6%	
	10 Wirkungsgrad Motor mittl. Teillast	η_{teil}		%	80.5%	92.0%	
	11 mittlerer Lastfaktor	LF		%	36%	89.7%	
Gesamtsystem	12 FU Wirkungsgrad bei nom. Last	η_{FU}		%	100%	96%	
	13 Reduktion el. Energie durch FU			%		25%	
	14 Total elektr. Leistung	P_{el}		kWe	22.0	14.1	
	15 Betriebsstunden	t		h/a	2'000	2'000	
	16 mechanische Arbeit (Output)	E_{mech}		kWh/a	39'820	33'206	
	17 elektrische Energie (Input)	E_{el}		kWh/a	44'000	28'198	
	18 Kosten elt. Energie			CHF/a	5'500	3'525	
		(Legende siehe rechts)					
		Wirtschaftlichkeit					
	Pay Back (statisch)	Jahre		3.8			
	Kostenwirksamkeit*	Rp./kWh		3.2			

*Investitionskosten pro eingesparte kWh

Abbildung 3: Beispiel für die Berechnung des Ist-Verbrauches aufgrund der Messergebnisse und Abschätzung des Soll-Verbrauches