

# Motorenanalyse 2021

## Unternehmen

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

## Messung durchgeführt von:

energieingenieur.ch GmbH / info@energieingenieur.ch

Enrico Feurer

Ob der Kirche 5

7306 Fläsch

## Anlagendaten

Bahnname	[REDACTED]	
Bahntyp	Gondelbahn	
Anzahl Fahrzeuge	59	Stk.
Stirnfläche Fahrzeuge	3.8	m <sup>2</sup>
Personen pro Fahrzeug	4	Personen
Förderhöhe	520	m
Förderlänge	2160	m
Nominale Geschwindigkeit <b>i</b>	4	m/s
Jährliche Betriebsstunden <b>i</b>	3500	h

## Motorendaten

Baujahr	2019	
Leistung	400	kW
Spannung <b>i</b>	400	V
Stromaufnahme	700	A
Drehzahl	1489	rpm
Phasenwinkel	0.85	°
Drehmoment	2565	Nm
Wirkungsgrad <b>i</b>	97	%
Auslastung bei Messkampagne <b>i</b>	70	%

## Physikalische Daten

Luftwiderstand bei <b>i</b> 4 m/s	4	kW
Förderleistung bei 4 m/s	787	P/h
Hubleistung <b>i</b> 4 m/s	78	kW
Hubleistung bei Messung	55	kW

## Ausgabe Compiler / Status: -

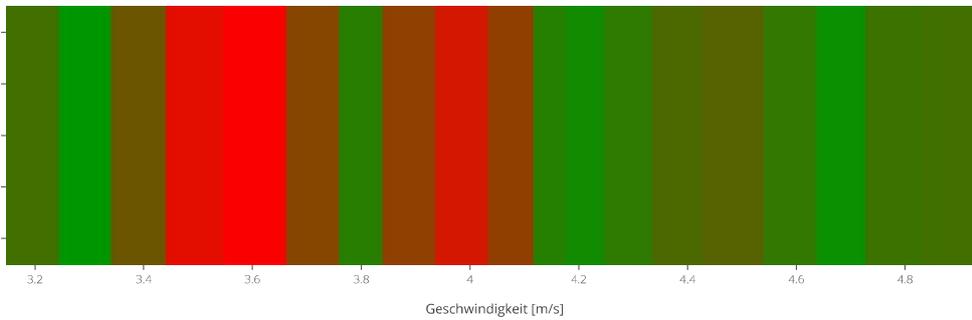
Anzahl ungültige Messpunkte	417 von 7648	
Abtastrate	22kHz	
Datum Messung	2022-12-20	
Dauer der Messung	57.36min	

### Auswertung Anlagenleistung und Geschwindigkeit bei 70% Auslastung



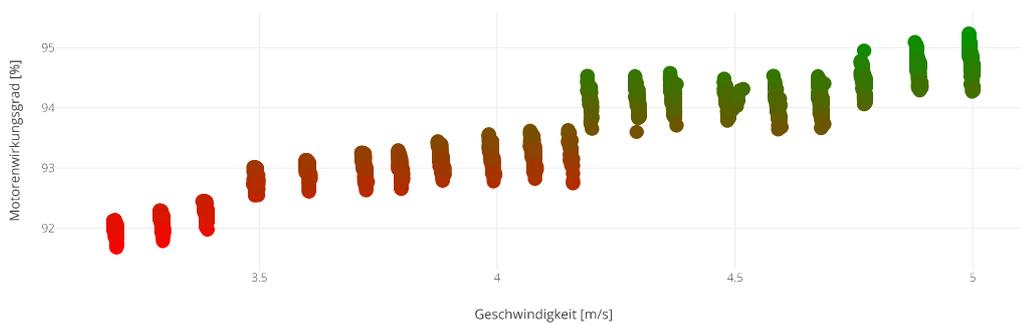
Die grüne Linie entspricht der theoretischen Anlagenleistung. Eine ideale Bahn (ohne Resonanzschwingungen, idealer Motorenwirkungsgrad) würde diesen Verlauf aufweisen. Die rote Linie entspricht der Anlagenleistung, welche gemessen wurde. Bei höherer Auslastung steigt die Anlagenkennlinie proportional an.

### ECO Drive



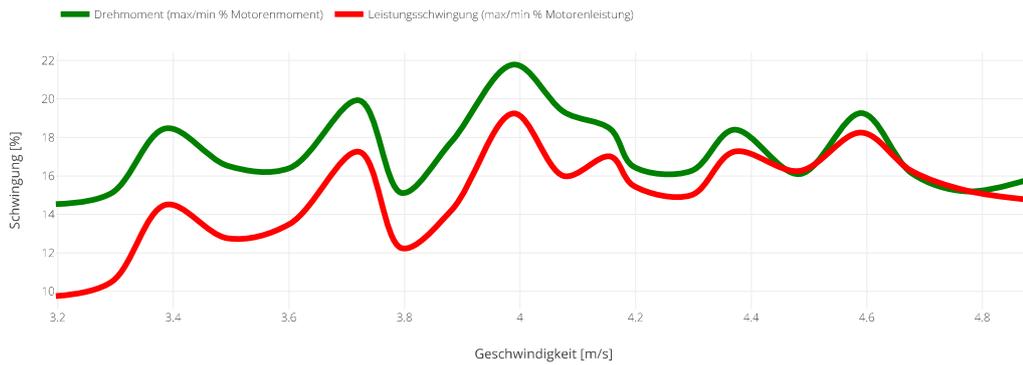
Diese Grafik dient dazu, die besten Betriebsgeschwindigkeiten der Bahn zu wählen. Der Bereich mit grünen Flächen sollte gewählt werden. Der rote Bereich sollte wenn möglich vermieden werden. Wichtig: Oft benötigt die höhere Geschwindigkeit mehr Energie. Daher sollte wenn möglich immer mit der tieferen Geschwindigkeit gefahren werden. Diese Grafik soll auf das Steuerpult geklebt werden.

### Auswertung Motoreffizienz und Geschwindigkeit



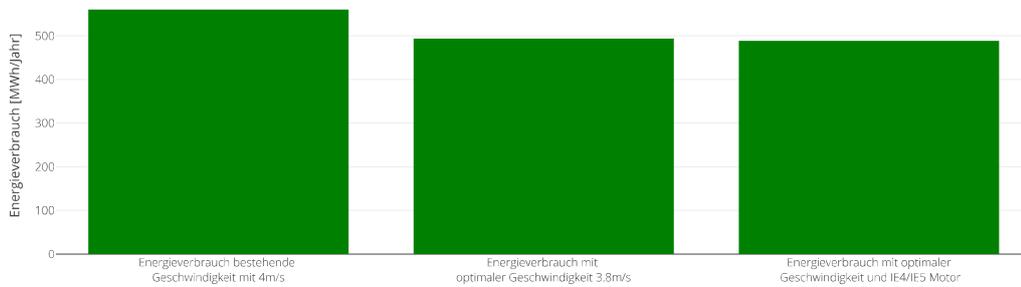
Die Asynchronmaschine hat den besten Wirkungsgrad im Bereich der Nennzahl und einer Last von ca. 80%. Bei Abweichung dieser Werte sinkt der Wirkungsgrad und der Energieverbrauch steigt proportional. Diese Grafik zeigt der Motorenwirkungsgrad in Abhängigkeit der Drehzahl.

## ⚡ Schwingungen



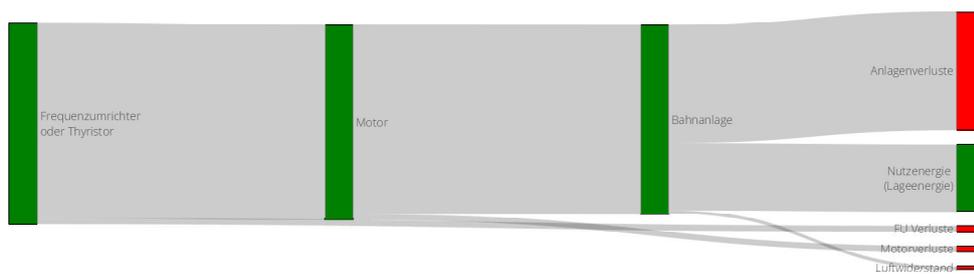
**i** Drehmoment- und Leistungsschwüngen sind niederfrequente Schwüngen und werden vom Seil / Antrieb / Welle / Einstellung Frequenzrichter erzeugt. Hochfrequente Schwüngen werden u.a. von Rollen erzeugt. Diese hochfrequenten Schwüngen können nicht mit der Motorenanalyse erfasst werden. Diese Grafik zeigt die Schwüngen proportional zum Motorenmoment und Motorenleistung. Die Auswertung von über 80 Bahnantrieben zeigen Schwüngen im Bereich von 0-20%. Bei Schwüngen ausserhalb dieses Bereiches sollten die jeweiligen Geschwindigkeiten vermieden werden.

## 🔌 Jährlicher Energieverbrauch bei 70% Auslastung



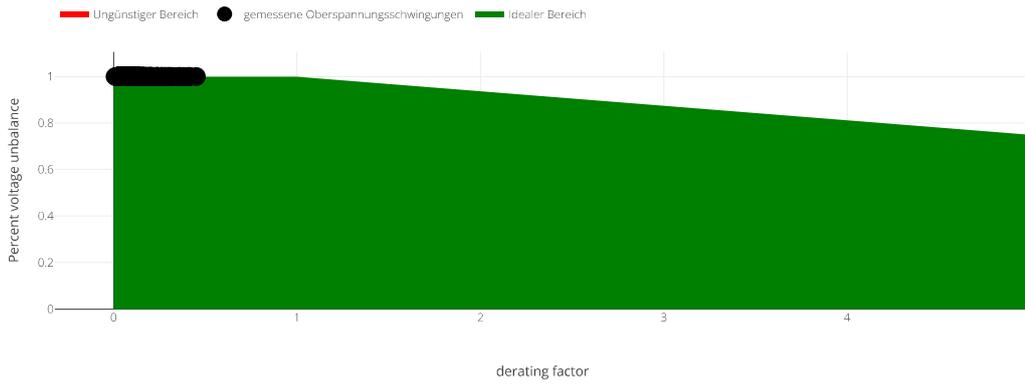
**i** Die erste Säule zeigt den jährlichen aktuellen Stromverbrauch. Die mittlere Säule zeigt den Stromverbrauch mit der optimalen Geschwindigkeit. Die rechte Säule zeigt den Verbrauch mit einem energieeffizienteren Motor an. Der jährliche Stromverbrauch hat eine Ungenauigkeit von ca. +/-15%, da über das Jahr die Auslastung und Betriebszeiten variieren kann.

## 🔌 Energiefluss bei 70% Auslastung und Geschwindigkeit 4 m/s



**i** In dieser Grafik werden die Verluste der Bahn dargestellt. Frequenzrichter haben zwischen 2-3% Verluste, der Motor hat einen Verlust von 3-9%. Die Anlagenverluste sind die Verluste, die für die Bewegung der Bahn benötigt werden (z.B. Verluste an Rollen, Seil, Reibungsverluste). Die potentielle Energie (oder auch Lageenergie) ist die Nutzenergie.

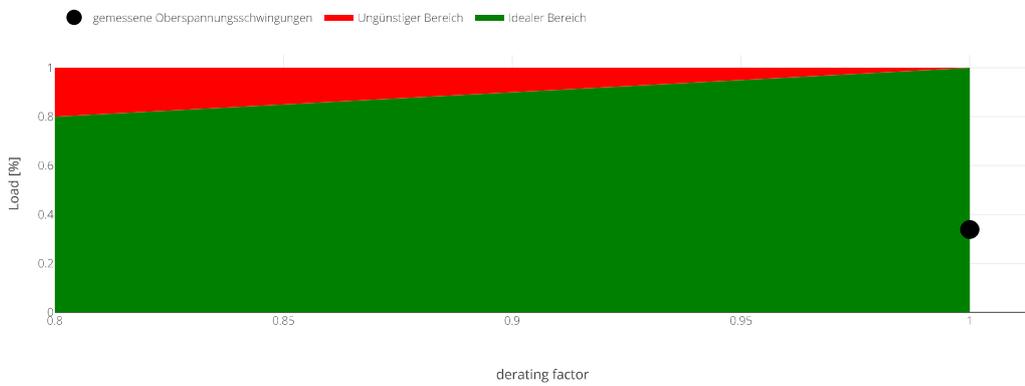
### ■ Unsymmetrie Spannung



! Durch Spannungsunsymmetrien können dreiphasige Motoren aus den folgenden Gründen Verschlechterungen der Betriebseigenschaften zeigen oder vorzeitig ausfallen:

- mechanische Belastungen durch zu geringes Drehmoment
- zu hoher Strom in den Motorwicklungen und dreiphasigen Gleichrichtern
- Ströme im Neutralleiter

### ■ Oberschwingungs-Derating



! Der grüne Bereich zeigt den Bereich der zulässigen Leistung an. Der rote Bereich zeigt den Überlastungsbereich für den Motor an. Hohe Oberschwingungsströme erwärmen den Motor.

### ■ Gesamtoberschwingungsgehalt THD



! Die Harmonische Oberschwingungen sollten den Wert von 8% auf der Netzseite nicht überschreiten. Zwischen FU und Motor gibt es keine gültige Netzqualitätsnorm. Hohe THD Werte könnten alte/defekte Filter, FU Parametrierung, ungenügende Kabelschirmung usw. sein. Bei Gleichstrommaschinen ist dieser Wert sehr hoch.

⊕ Zusammenfassung der Resultate		
✓	Energieeinsparung durch Motorenersatz mit IE4/IE5	gering
✓	Theoretische Energieeinsparung durch Wahl richtiger Geschwindigkeit	66,5 MWh/Jahr oder 13300 CHF/Jahr
✓	Oberspannungsschwingungen nach NEMA / IEC	keine vorhanden. Ideal für eine hohe Motorlebensdauer.
✓	Unsymmetrie nach NEMA / IEC	keine vorhanden
✓	Gesamtüberschwingungsgehalt THD	normal
!	Schwingungen	Im Vergleich zu anderen gemessenen Bahnmotoren ist die Drehmoment- oder Leistungsschwingung höher als üblich.
✓	Messresultate und Interpretation	Es wurden über 85 Bahnmotoren gemessen. Aus den vielen Messwerten geht hervor, dass sich die Anlagenkennlinie in Abhängigkeit der Auslastung nicht verändert. Der Leistungsbedarf steigt proportional zur Auslastung an. Die Resonanzpunkte (Mehr- oder Minderverbrauch) bleiben jedoch bestehen. Die vielen Daten werden u.a. mit Gauss-Filter und Median Algorithmen berechnet.