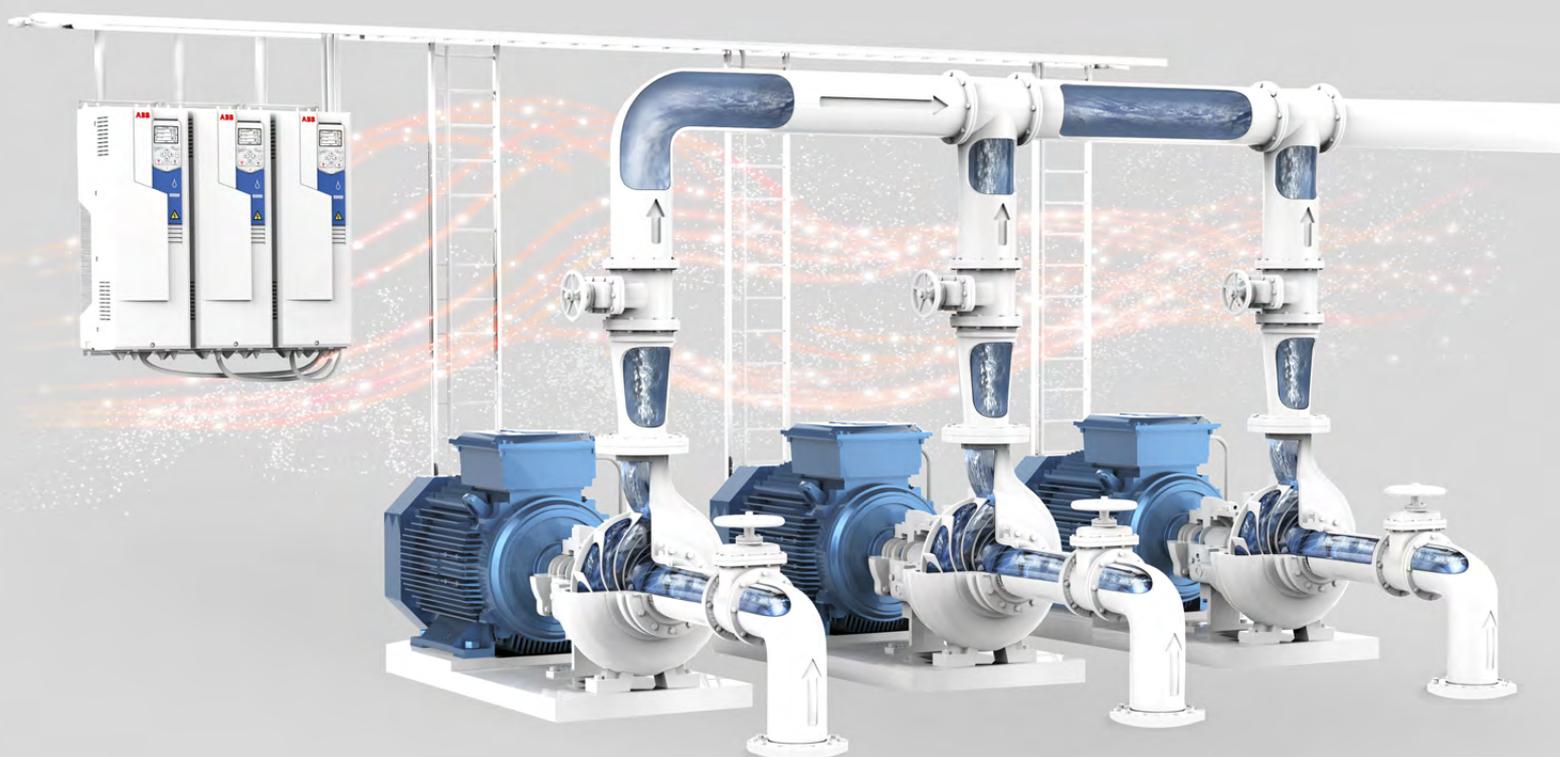


WHITE PAPER

# Erreichen der IE5-Effizienz mit magnetlosen Motoren



---

# Rascher Fortschritt in der Motorentechnologie

Heute werden 45 % des gesamten Stroms von Motoren in Gebäuden und Industrieanlagen in Bewegung umgewandelt. Da die Welt in immer größeren Maße von Elektromotoren abhängt, wird klar, dass wir unsere Energieeffizienz verbessern müssen.

Bei Elektromotoren lohnt es sich immer, das System als Ganzes zu betrachten und die richtige Motorgröße für die Applikation bzw. die Maschine zu wählen. Ein überdimensionierter Motor verbraucht übermäßig viel Energie und liefert doch nur einen Bruchteil der verfügbaren Leistung. Ein zu schwacher Motor dagegen verschwendet Energie, weil er zu heiß läuft. In manchen Fällen kann schon die Wahl einer besser geeigneten Motorgröße einem Unternehmen Energie und Kosten sparen.

---

Bei den Internationalen Effizienz-Normen bedeutet eine höhere Zahl immer eine höhere Motoreffizienz.

Nach Spezifikation der optimalen Motorgröße gilt es, über die Effizienzklasse des Motors nachzudenken. Es gibt zwar verschiedene Motorentechnologien auf dem Markt, allerdings werden vielfach noch ältere Motoren mit sehr geringer Effizienz verwendet. In den letzten zehn Jahren jedoch verlief der technische Fortschritt bei den Elektromotoren außergewöhnlich schnell, und neue, energieeffiziente Technologien sind entstanden.

Eine sehr bedeutende Entwicklung ist der Synchronreluktanzmotor (SynRM), der über einen Frequenzumrichter geregelt wird. Synchronreluktanzmotoren können in den meisten Fällen als Drop-in-Ersatz für IE3-Standard-Asynchronmotoren verwendet werden und reduzieren.



---

SynRM/Frequenzumrichter-Pakete sind eine hervorragende Lösung für die Nachrüstung von Motoren. Da die Außenmaße und die Leistung in den meisten Fällen gleich bleiben, besteht keine Notwendigkeit einer mechanischen Modifikation. So hat z. B. ein IE5-Synchronreluktanzmotor (110KW, 1500Uqm) die gleiche Größe wie ein IE2-Asynchronmotor.

# Erreichen der IE5-Effizienz mit Synchronreluktanzmotoren

IE5-Synchronreluktanzmotoren von ABB verfügen über Ultra-Premium-Energieeffizienz. Dies ist eine neue Effizienzstufe, die von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) definiert wurde. SynRM-Motoren sind die erste Wahl, um die wachsende globale Nachfrage nach höherer Energieeffizienz zu erfüllen.

Die Synchronreluktanz-Technologie verbindet das Leistungsvermögen der Permanentmagnetmotoren mit der Einfachheit und Wartungsfreundlichkeit von Asynchronmotoren. Der Rotor eines Synchronreluktanzmotors besitzt keine Magnete oder Wicklungen und weist nahezu keine Leistungsverluste auf. Da im Rotor keine Magnetkräfte wirken, ist die Wartung so einfach wie bei Asynchronmotoren.

Kunden können ihre Energieeffizienz sowie die Nachhaltigkeit und Zuverlässigkeit durch den Umstieg auf IE5-Ultra-Premium-Synchronreluktanzmotoren von ABB verbessern. SynRM-Motoren weisen bis zu 40% geringere Energieverluste gegenüber IE3-Motoren auf. So kann der generelle Energieverbrauch und auch die CO<sub>2</sub>-Emission signifikant gesenkt werden.<sup>2</sup>

Die SynRM-Technologie zeichnet sich durch eine 30 °C niedrigere Wicklungstemperatur und bis zu 15 °C niedrigere Lagertemperaturen aus, wodurch sich die Zuverlässigkeit erhöht, sich die Motorlebensdauer verlängert und der Wartungsbedarf sinkt.<sup>3</sup>

Niedrigere Lagertemperaturen sind ein wichtiger Faktor bei der Reduzierung der Lebenszykluskosten, denn Lagerausfälle verursachen ca. 70% der außerplanmäßigen Motorabschaltungen.<sup>4</sup>

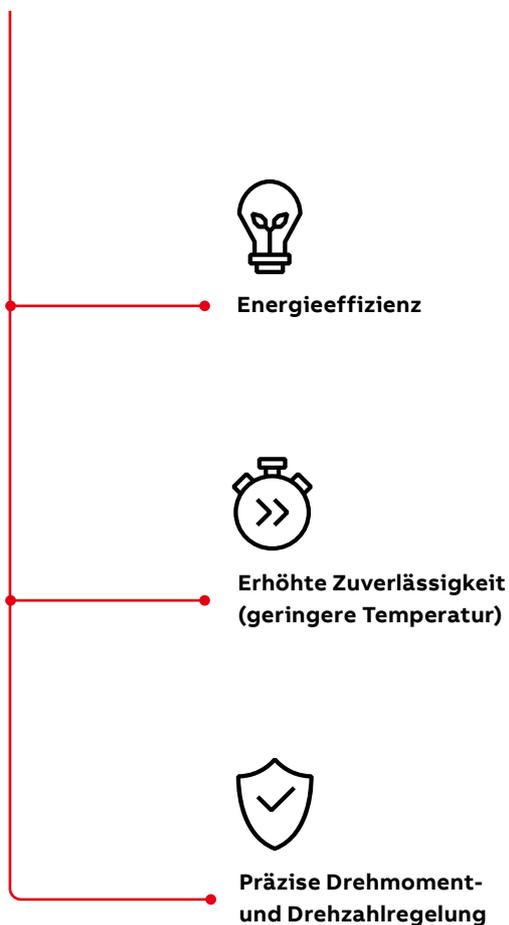
Der hocheffiziente SynRM-Motor mit Effizienzklasse IE4, den ABB 2011 vorgestellt hat, war zunächst für Pumpen und Lüfter erhältlich und steht nun für alle Anwendungen zur Verfügung. 2019 präsentierte ABB dann den IE5-Synchronreluktanzmotor mit Ultra-Premium-Effizienz.

Das Paket aus SynRM und Frequenzumrichter ist die perfekte Lösung für Motornachrüstungen. Der IE5-SynRM hat in den meisten Fällen die gleiche Baugröße wie ein IE2-Asynchronmotor, sodass mechanische Modifikationen entfallen und dieser Motor sich gut als Ersatz für herkömmliche Asynchronmotoren eignet. Darüber hinaus nimmt die Anzahl drehzahlgeregelte Anwendungen zu, was die Kommerzialisierung und Akzeptanz der SynRM-Technologie weiter vorantreibt.

In der Praxis weisen IE5-Motoren 20% geringere Verluste auf verglichen mit einem IE4-Motor, unabhängig von der verwendeten Technologie oder IEC-Norm.



## Die Vorteile der Synchronreluktanzmotoren



# Energie und Geld sparen: IE5-Synchronreluktanzmotoren

## Aufbau eines Synchronreluktanzmotors

Von außen sieht ein SynRM einem herkömmlichen Asynchronmotor ähnlich. Selbst der Stator im Inneren ist traditionell. Die Innovation liegt im Rotor. Der Rotor besteht aus einem Paket aus Elektroblechen, die eine leichte und doch stabile Konstruktion bilden, durch die der magnetische Fluss fließen kann. Die Form ist genau auf die Führung der Magnetreluktanz innerhalb des Rotors abgestimmt. Dadurch richtet sich der Rotor von alleine an dem von den Statorspulen erzeugten Magnetfluss aus und "rastet" sozusagen in seiner Position ein. So bewegt er sich genau mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Magnetfluss, also synchron, daher der Name Synchronreluktanzmotor. Der Rotor enthält keine Magnete oder Komponenten aus Seltenen Erden.

## Die Funktion eines Synchronreluktanzmotors

Wie bei anderen Elektromotoren erzeugt ein SynRM eine Drehbewegung, die zum Antrieb von Maschinen verwendet werden kann. Die Drehung des vom Stator erzeugten Magnetflusses – und somit die Drehzahl des Rotors – wird durch einen Frequenzumrichter geregelt. Der Frequenzumrichter überwacht die Position des Rotors, um sicherzustellen, dass er synchronisiert bleibt.

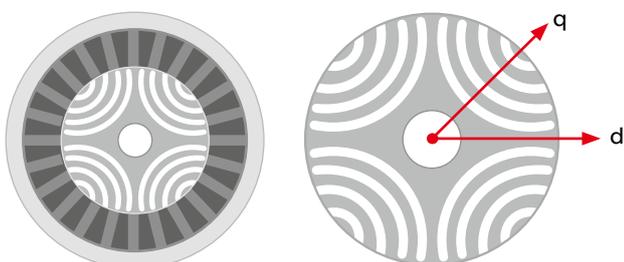


## Die Vorteile eines Synchronreluktanzmotors

Synchronreluktanzmotoren weisen deutlich geringere Energieverluste auf als vergleichbare Asynchronmotoren. So haben SynRM beispielsweise keine Rotorverluste. Dies führt zu einer niedrigeren Betriebstemperatur, die zusammen mit der einfachen Rotorkonstruktion ohne Wicklungen den Wartungsbedarf und das Ausfallrisiko im Vergleich zu herkömmlichen Motoren reduziert. Nichtsdestotrotz, können die angeschlossenen Überwachungssysteme (wie z. B. Smart Sensor) eine notwendige Wartung bzw. Reparatur melden.

Noch besser ist, dass der Geräuschpegel von Synchronreluktanzmotoren deutlich geringer ist als bei herkömmlichen Asynchronmotoren. Dies ermöglicht eine komfortablere Arbeitsumgebung.<sup>5</sup>

Synchronreluktanzmotoren haben auch einen kleineren ökologischen Fußabdruck, da sie ohne Seltene Erden auskommen, d. h. es ist kein Abbau erforderlich und es entsteht auch weniger Abraum. Außerdem verursachen sie während ihrer gesamten Nutzungsdauer, von der Fertigung bis zum Recycling, geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen mit der besten emissionsarmen Performance in ihrer Klasse.



Das von einem Synchronreluktanzmotor erzeugte Drehmoment ist proportional zu der Differenz zwischen den Induktanzen auf der d- und der q-Achse: Je größer diese Differenz ist, desto größer ist das erzeugte Drehmoment. Synchronreluktanzmotoren werden daher aus magnetisch leitendem Material (Eisen) auf der d-Achse und magnetisch isolierendem Material (Luft) auf der q-Achse hergestellt.

# Das Maximum aus den Motoren herausholen mit Frequenzumrichtern

Mit Frequenzumrichtern können Motoren deutlich effizienter betrieben werden. Tatsächlich kann bei Ausrüstung einer mittelgroßen Motorapplikation mit einem Frequenzumrichter der Stromverbrauch in der Regel um 25 % gesenkt werden. Und da sie für den Betrieb von Synchronreluktanzmotoren eingesetzt werden müssen, eignen sie sich auch sehr gut für die Verwendung mit anderen Motortypen wie z. B. Asynchronmotoren.

## Der richtige Energieverbrauch für die Anwendung

Ein Frequenzumrichter regelt und optimiert den Betrieb eines Motors, indem er die Frequenz und die Spannung des in den Motor eingespeisten Netzstroms verändert, um so das Drehmoment und die Drehzahl anzupassen. Da Frequenzumrichter die Drehzahl des Motors direkt regeln, sind keine Ventile, Getriebe, Drosseln oder Bremsen notwendig, um die Drehzahl der Anwendung zu regeln, die der Motor antreibt. Das bedeutet, dass der Motor nicht die ganze Zeit mit voller Drehzahl laufen muss und keine Energie durch mechanische Drehzahlregelung verschwendet wird. Aus diesem Grund können Motoren, die von Frequenzumrichtern geregelt werden, im Vergleich zu Motoren ohne Antrieb viel Energie sparen.

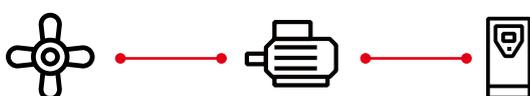
Derzeit sind etwa 23 % der Motoren weltweit mit drehzahlvariablen Antrieben ausgestattet. Es gibt also noch eine Vielzahl an Möglichkeiten, die Energieeffizienz von Motoren weltweit zu verbessern.<sup>6</sup>

## Prozess-Stabilität reduziert Ausschuss und Energieverschwendung

Frequenzumrichter ermöglichen auch eine hervorragende Prozess-Stabilität. In zahlreichen Produktionsprozessen kann dies zu einer höheren Qualität und geringerem Ausschuss führen, was wiederum eine geringere Energieverschwendung bedeutet. So können Frequenzumrichter beispielsweise bei 1500 U/min zuverlässig eine Toleranz von 0,5 U/min sicherstellen. Wenn wir dies über den gesamten Drehzahlbereich einer Extrusionsanlage anwenden, ergeben sich eine höhere Produktqualität, weniger Abfall und weniger Ausschuss. Da Abfälle und Ausschuss in der Regel in den Extruder zurückgeführt und erneut erwärmt werden, reduziert eine genauere Regelung des Extruders auch den Energieverbrauch.

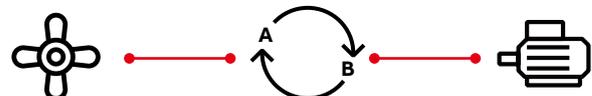
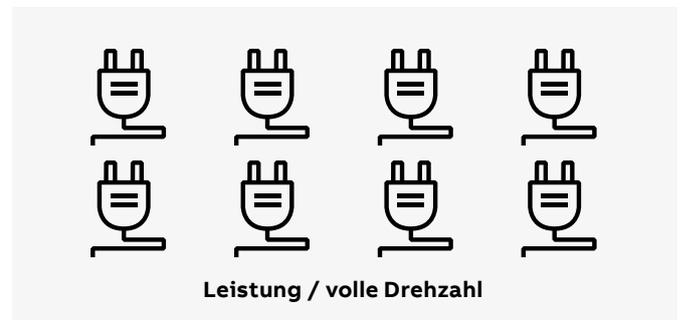
**Das häufigste Einsatzgebiet für Industriemotoren sind Pumpen, Lüfter und Kompressoren. Durch Ergänzung eines Frequenzumrichters können Sie den Stromverbrauch in der Regel um 25 % senken.**

## Drehzahlregelung



Lüfter + Motor + Frequenzumrichter

## Mechanische Steuerung



Lüfter + mechanische Steuerung + Motor

Frequenzumrichter sparen bei jeder Umdrehung Energie. Nach den Affinitätsgesetzen verbrauchen Pumpen und Lüfter, die mit halber Drehzahl laufen, 1/8 des Stroms.<sup>5</sup>

# IE5-Effizienz ermöglicht eine signifikante Energieeinsparung

## Effizienz im Teillastbereich

Wo Pakete aus IE5-SynRM und Frequenzumrichter wirklich beeindruckend sind, ist ihr Einsatz bei Teillast. Nach der neuen Verordnung EU 2019/1781 (Ökodesign-Richtlinie) müssen Hersteller die Motorverluste an bestimmten Lastpunkten angeben (1.7.2022). Dies ermöglicht einen Vergleich der verschiedenen Motoren unter Teillastbedingungen mit Umrichterbetrieb. Früher war ein Vergleich aufgrund fehlender Informationen über die Verluste bei Asynchronmotoren im Umrichterbetrieb nicht möglich.

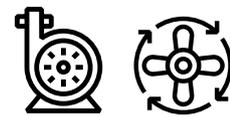
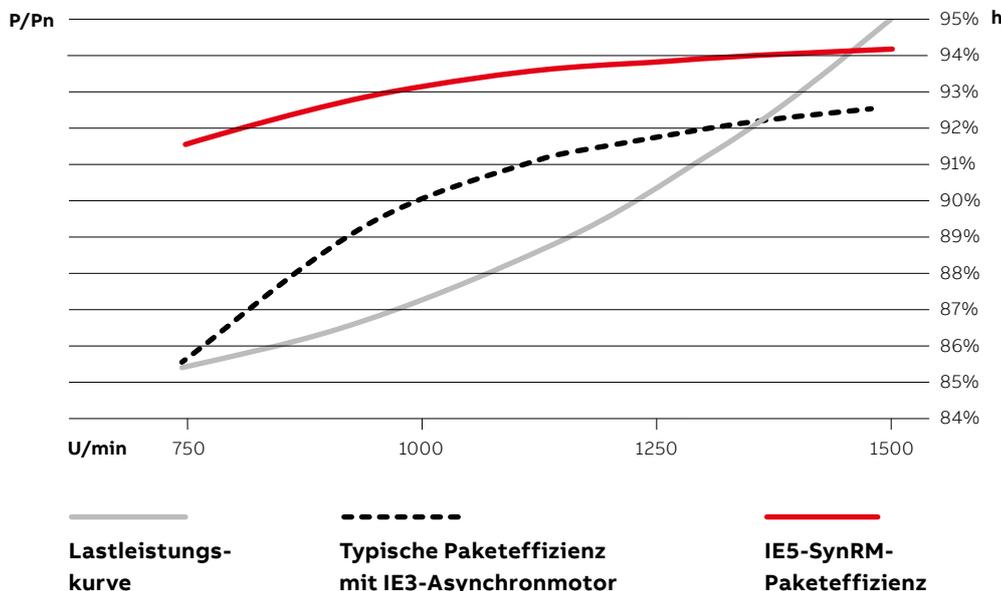
Wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, beträgt der Vorteil bei Volllast etwa 2%, während er bei Teillast 6-7% betragen kann.

## IE5-SynRM im Vergleich zu IE3-Asynchronmotoren bei Umrichterbetrieb

Labormessungen von ABB zeigen, dass IE5-Synchronreluktanzmotoren auch bei Teillast einen Vorteil gegenüber IE3-Motoren aufweisen, und der Vorteil wird bei Vergleich mit dem Nennpunkt noch größer. Die folgende Abbildung zeigt die typische Effizienz eines IE5-SynRM im Vergleich zu einem IE3-Asynchronmotor bei Pumpen-/Lüfterbetrieb gemäß Labormessungen von ABB.<sup>7</sup>



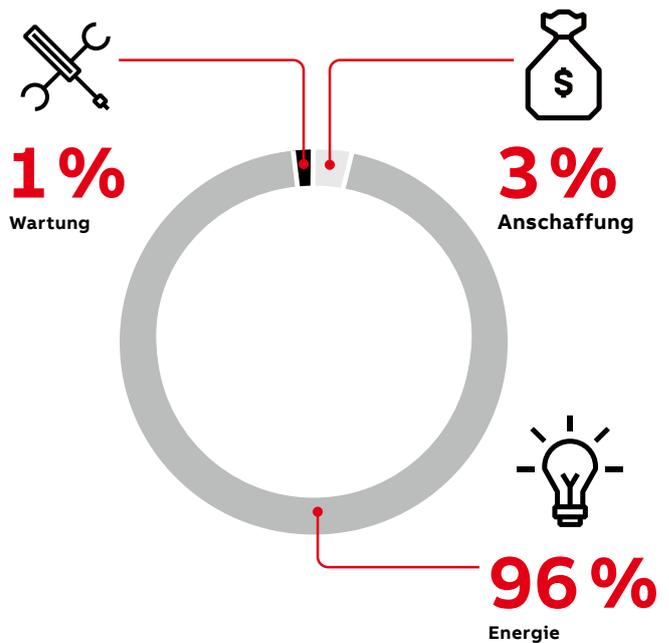
**Antriebssystem**  
110 kW, 1500 U/min  
Pumpen-/Lüfterbetrieb



Beispiel: Bei einem Pumpen-/Lüfterantriebssystem mit 110 kW, 1500 U/min mit einem IE3-Asynchronmotor beträgt die Paketeffizienz 92,5%, während sie mit einem IE5-SynRM 94,2% beträgt.

**Geringerer Energieverbrauch führt zu geringeren Gesamtbetriebskosten**

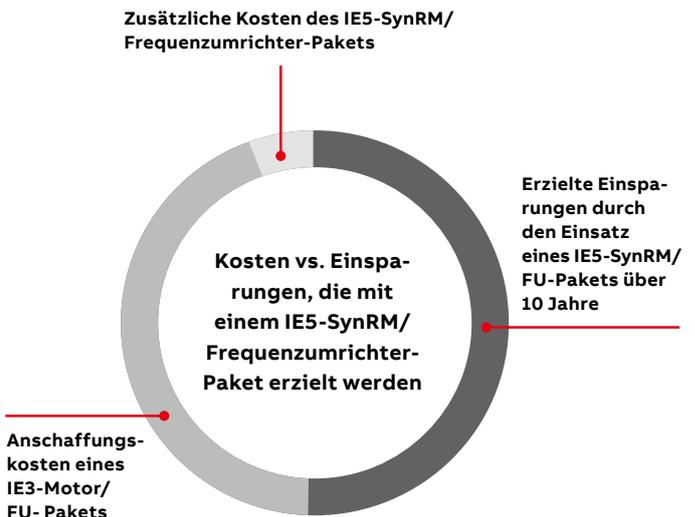
Eine Reduzierung des Energieverbrauchs durch SynRM/ Frequenzumrichter-Pakete bedeutet, dass auch die Kosten für den Prozessbetrieb und die Gesamtbetriebskosten reduziert werden. Und obwohl Unternehmen aufgrund der hohen Investitionskosten oft zögern, Motoren auszutauschen oder Frequenzumrichter in ihre Prozesse einzubauen, betragen die Kosten für einen Motor nur einen Bruchteil der Kosten für die Energie, die für seinen Betrieb benötigt wird.<sup>8</sup>



Die wichtigsten Kosten im Lebenszyklus eines mechanisch geregelten Pumpensystems. Der Hauptteil der Kosten entsteht durch die für den Betrieb des Motors benötigten Energie.

**Langfristige Energieeinsparung zahlt sich aus**

Bei einem 110 kW Motor, der mit 1500 U/min läuft, ist die Differenz beim Anschaffungspreis zwischen einem IE5-SynRM und einem IE3-Motor vernachlässigbar verglichen mit den jährlichen Einsparungen bei den Energiekosten. Ein IE5-Motorpaket spart im Vergleich zu einem IE3-Paket Energie und Kosten, sobald es in Betrieb ist, wobei sich die Kostendifferenz nach etwa 13 Monaten amortisiert. Darüber hinaus werden sich aus dem IE5-SynRM-Paket während der Nutzungsdauer, die 10 bis 15 Jahre betragen kann, weitere jährliche Einsparungen ergeben. Innerhalb von etwa 10 Jahren haben sich durch den reduzierten Energieverbrauch die Anschaffungskosten für das gesamte IE5-Paket amortisiert.



Mit einer moderaten Investition zur Umrüstung Ihrer Elektromotoren kann der Amortisationseffekt (ROI) bereits innerhalb eines Jahres erzielt werden.

# Fazit

Die erforderliche Motorentechnologie für eine deutliche Verbesserung der Energieeffizienz ist bereits vorhanden, geprüft und hat sich bewährt. SynRM/Frequenzumrichter-Pakete ermöglichen eine signifikante Verbesserung der Energieeffizienz, die bei weltweiter Anwendung zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs und zum Kampf gegen den Klimawandel beitragen können.

Für Unternehmen sollte die Entscheidung einfach sein. Wenn es für Sie finanziell möglich ist, ein wenig mehr für einen modernen Motor zu bezahlen, kann sich Ihre Investition bereits nach einem Jahr amortisieren, und während der gesamten Lebensdauer des Motors können weitere Renditen erzielt werden.

Für Regierungen und kommunale Entscheidungsträger ist es wichtig zu wissen, dass energieeffizientere Optionen bereits für zahlreiche Bereiche von der Infrastruktur bis hin zu den Versorgungseinrichtungen und dem öffentlichen Nahverkehr verfügbar sind. Was wir jetzt brauchen, ist der Wille zur Umsetzung und Ihre Unterstützung, damit energieeffiziente Lösungen die einfachste und bevorzugte Option werden.



- (1) Nach IEC 60034-30-1 und IEC TS 60034-30-2.
- (2) Nach IEC 60034-30-1 und IEC TS 60034-30-2.
- (3) Gemäß Prüfungen und Messungen von ABB.
- (4) Quelle: Austin.H. Bonnett and Chunck. Yung, "Increased Efficiency versus Increased Reliability," IEEE Ind. Appl. Magazine, Jan/Feb 2008.
- (5) Auf Basis von Kundenerfahrungen.
- (6) Omdia, "Low Voltage Motors Intelligence Service," 2020.
- (7) Gemäß Messungen und Berechnungen von ABB.
- (8) Nach Angaben von [www.energy.gov/sites/prod/files/2014/04/f15/amo\\_motors\\_sourcebook\\_web.pdf](http://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/04/f15/amo_motors_sourcebook_web.pdf)



---

Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrer  
ABB-Vertretung oder im Internet:

**[new.abb.com/drives/de](https://new.abb.com/drives/de)**

**[new.abb.com/motors-generators/de](https://new.abb.com/motors-generators/de)**