

# Grundprinzip

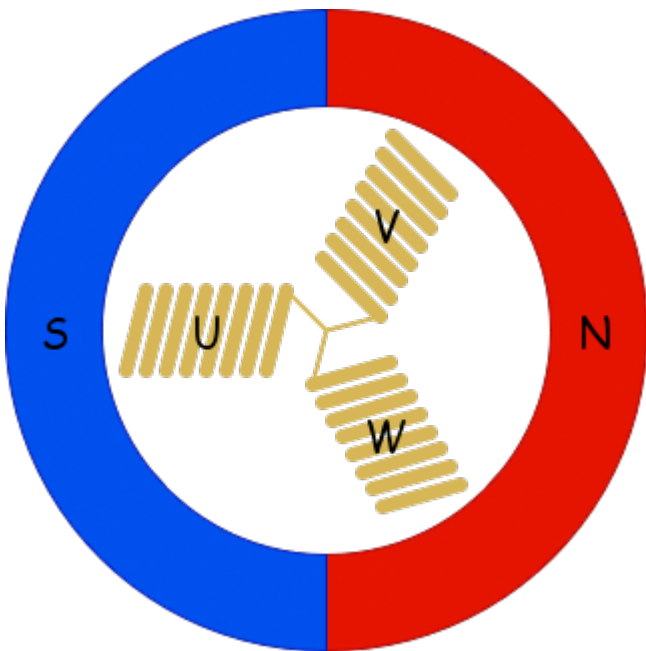
- BLDC-Motor
- Encoder
- Hall-Sensor

# BLDC-Motor

Ein Brush-Less Direct Current (BLDC) Motor ist ein Elektrischer Motor, welcher synchron betrieben wird. Das bedeutet, dass die Geschwindigkeit des Motors der Frequenz des angelegten Stromes folgt.

## Aufbau:

Ein BLDC Motor besteht aus zwei Teilen: dem Stator und dem Rotor. Der Stator bezeichnet dabei den sich nicht drehenden Teil des Motors. Dieser beherbergt die Spulen, welche zur Ansteuerung benutzt werden. Der Rotor bezeichnet den sich drehenden Teil des Motors und beherbergt Permanentmagneten, welche von den Spulen angezogen und abgestoßen werden.



Das obige Bild zeigt ein Simple Model eines BLDC Motors. Zu sehen ist der Rotor, welcher aus zwei Magneten besteht<sup>1</sup> und der Stator, welcher die Spulen U, V und W beinhaltet. Ein Motor kann auch mehr Spulen und Magneten haben. Die Anzahl der Spulen ist dabei allerdings immer ein vielfaches von 3 und die Anzahl der Magneten ein vielfaches von 2. Zu beachten ist, dass die Spulen in der Mitte Sternförmig verbunden sind. Alternativ können die Spulen auch in einer Delta Konfiguration verbunden werden. Elektrisch macht das keinen Unterschied. Eine Rotation des Motors wird durch einen durch die Spulen fließenden Strom erzeugt.

Der gezeigte Rotor hat einen Südpol und einen Nordpol. Zusammen werden diese als ein Polpaar bezeichnet. Hat ein Motor mehr pole, wird das über die Anzahl der Polpaare spezifiziert. Ein Motor mit sechs Polpaaren hat also sechs Südpole und sechs Nordpole im Rotor.

<sup>1</sup>Technisch gesehen könnte es auch ein Ringmagnet sein. Wichtig ist jedoch nur das Magnetfeld in Richtung der Spulen. In der Realität werden daher meist zwei oder mehr Magneten benutzt, um die

Feldstärke in Richtung der Spulen zu maximieren und außerhalb des Motors zu minimieren.

# Mechanischer vs Elektrischer Winkel

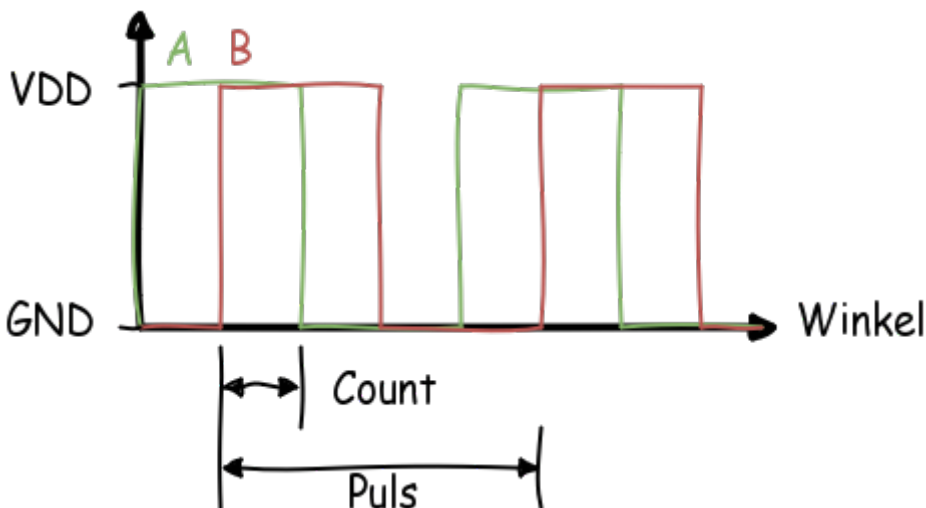
Der mechanische Winkel beschreibt den Winkel, welchen der Rotor relativ zum Stator hat. Der elektrische Winkel hingegen, beschreibt wie die Magnetfelder des Rotors relativ zu den Spulen stehen. Bei dem oben gezeigten Bild ist der elektrische Winkel gleich dem mechanischen Winkel, da es in einer mechanischen Umdrehung keine Wiederholung der Magnetfelder gibt. Generell gilt, dass die Anzahl der Polpaare gleich der Anzahl der elektrischen Umdrehungen pro mechanischer Umdrehung ist. Ein Motor mit sechs Polpaaren braucht also auch sechs elektrische Umdrehungen, um eine mechanische Umdrehung zu absolvieren.

# Encoder

Encoder, auch Incremental Encoder oder Quadrature Encoder, sind relative Positionssensoren. Es muss ein absoluter Sensor verwendet werden, um die Initiale Position des Encoders zu bestimmen. Bei Motoren können dafür in den Motor integrierte Hall-Sensoren verwendet werden.

Der Encoder gibt erzeugt zwei Signale (A und B), die zur Bestimmung der Drehrichtung und position verwendet werden können. Manche Encoder haben ein zusätzliches Index signal, welches an einer bestimmten, absoluten Position des Sensors ausgelöst wird.

Die Signale A und B sehen wie folgt aus:



Die Signale A und B geben also versetzte Pulse. Die Drehrichtung kann dabei durch die Reihenfolge der Pulse ermittelt werden. Kommt der A-Puls vor dem B-Puls, dreht der Encoder in Positive Richtung. Kommt der B-Puls jedoch vor dem A-Puls, dreht der Encoder in entgegengesetzte Richtung.

Über die Anzahl der Pulse lässt sich die Position des Encoders relativ zum Startpunkt bestimmen. Dabei können entweder die Pulse, oder die Signaländerungen, auch Counts genannt, gezählt werden. Das zählen der Counts erhöht dabei die Auflösung, da es pro Puls vier Counts gibt. Die Pulse oder Counts können mit Hilfe der Pulse Per Revolution (PPR) beziehungsweise Counts Per Revolution (CPR) in einen Winkel umgewandelt werden. Mindestens einer der werte PPR und CPR ist im Datenblatt des Encoders angegeben und kann in den jeweils anderen Wert umgewandelt werden.

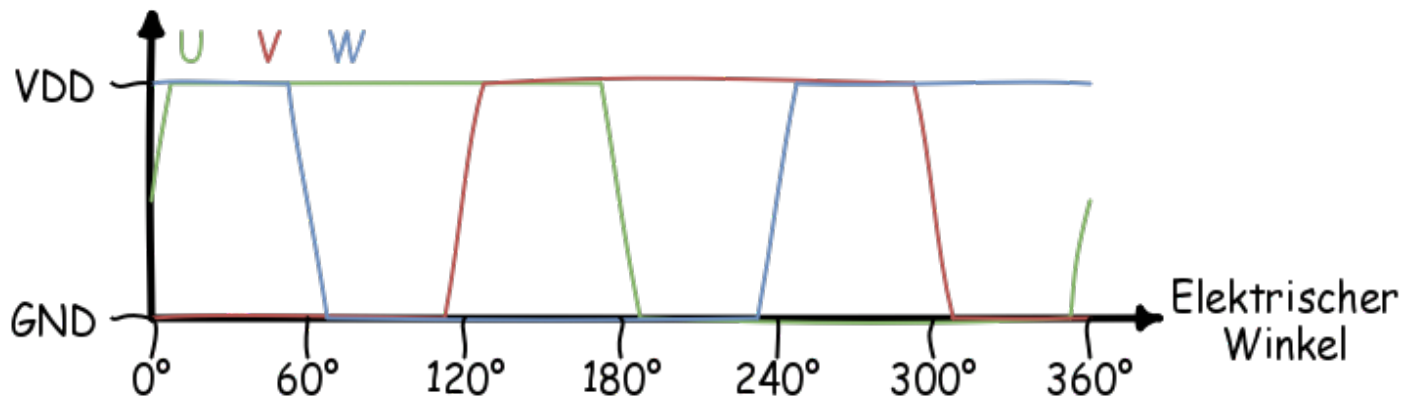
Der Eingebaute Encoder der Maxon ECX Flat 32L Motoren hat beispielsweise eine PPR von 2048. Das bedeutet also, dass die Signale A und B jeweils 2048 Pulse pro Umdrehung des Motors generieren. Für die Umwandlung in CPR müssen die PPR mit Vier multipliziert werden. In unserem Beispiel sind das also  $2048 * 4 = 8192$  CPR. Wenn die Counts benutzt werden ergibt sich also eine Auflösung von  $360^\circ / 8192 \text{ CPR} = 0.044^\circ / \text{Count}$ .

Um Fehlerkennungen zu vermeiden, können die Signale A und B auch Differenziell übertragen werden.

# Hall-Sensor

Manche BLDC Motoren kommen mit eingebauten Hall-Sensoren. Diese messen das Magnetfeld der Magneten im Rotor des Motors. Dadurch bilden sie einen absoluten Positionssensor mit relativ geringer Auflösung.

Es werden drei Signale (U, V und W) verwendet:



Durch die Kombination der Signale U, V und W lässt sich also bestimmen, in welchem 60° Sektor sich der Rotor befindet. Zu beachten ist, dass es sich hier nicht um den Mechanischen, sondern den Elektrischen Winkel handelt. Mit Hilfe der Zustandswechsel kann der Winkel genauer bestimmt werden, als es durch die reine Kombination der Signale der Fall wäre. Damit kann beispielsweise ein Encoder initialisiert werden.