

#### **1.4. Ziel**

Das Ziel liegt in der Konstruktion, sowie der Fertigung verbesserter, mechanischer Komponenten und der Realisierung neuer, schnellerer Messtechnik mit einfachen Methoden, um den Prüfstand flexibler zu gestalten.

Die Mechanischen Komponenten bestehen aus der Bremse, welche durch höhere Bremswirkung ein verbessertes Ergebnis liefern soll, dem Schutz, der das Verletzungsrisiko bei laufendem Betrieb des Prüfstandes minimiert, und einem Anschlag für den Drehmomentarm, welcher Beschädigungen an der Waage und an anderen Komponenten vorbeugt. Die elektrischen Größen sollen über ein eigenes Messgerät beispielsweise ein Multimeter eingelesen werden, um die Messwerte autonom zu erhalten. Unabhängig davon soll die Drehzahl und das Drehmoment gemessen und an den PC geliefert werden. Aus diesen gemessenen Daten wird der Wirkungsgrad bestimmt, errechnet aus dem Quotient von Eingangs- und Ausgangsleistung.

Im Softwarebereich sollen alle Programme zur Messung dynamisch programmiert werden, um bei Verwendung des Prüfstandes flexibel verschiedene Motoren überprüfen zu können.

## 2. Physikalische Größen

### 2.1. Stromstärke (I)

Die elektrische Stromstärke gibt an, wie viel elektrische Ladung sich in einer Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters bewegt. Das entsprechende Formelzeichen ist ein großes (I). Man spricht daher manchmal auch von der Stromstärke I. Die Einheit ist 1 Ampere (1A).

Die Berechnung der Stromstärke erfolgt über folgende Formel:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Es gilt:

- Q .... Ladung in Coulomb
- t .... Zeit in Sekunden
- I .... Stromstärke in Ampere

### 2.2. Spannung (U)

Die elektrische Spannung (U) gibt den Unterschied der Ladungen zwischen zwei Polen an. Spannungsquellen besitzen immer zwei Pole mit unterschiedlichen Ladungen. Auf der einen Seite ist der Pluspol mit einem Mangel an Elektronen und auf der anderen Seite ist der Minuspol mit einem Überschuss an Elektronen. Diesen Unterschied der Elektronenmenge nennt man elektrische Spannung. Entsteht eine Verbindung zwischen den Polen, kommt es zu einer Entladung. Bei diesem Vorgang fließt ein elektrischer Strom. Die Einheit der Spannung ist 1 Volt [1V].

Zur Berechnung der Spannung verwendet man in der Regel das Ohm'sche Gesetz:

$$U = R * I$$

Es gilt:

- U .... Spannung in Volt
- R .... Widerstand in Ohm [ $\Omega$ ]
- I .... Stromstärke in Ampere

### **2.3. Drehzahl (n)**

Die Drehzahl gibt an wie oft sich ein beispielsweise mechanisches Teil pro Zeiteinheit dreht. Die Einheit ist Umdrehungen pro Minute (min<sup>-1</sup>) oder Umdrehungen pro Sekunde (s<sup>-1</sup>).

Die Drehzahl ist besonders Ausschlaggebend bei der Leistungsangabe eines Motors. Eine hohe Drehzahl führt zu größerem Verschleiß aber auch zu mehr Leistung.

Die Drehzahl wird meistens über einen Sensor direkt gemessen.

### **2.4. Winkelgeschwindigkeit ( $\omega$ )**

Die Winkelgeschwindigkeit gibt an wie schnell sich ein Winkel mit der Zeit um eine Achse dreht. Die Winkelgeschwindigkeit setzt sich aus folgender Formel zusammen:

$$\omega = 2\pi * n$$

Es gilt:

- $\omega$  ... Winkelgeschwindigkeit in s<sup>-1</sup>
- $n$  ... Drehzahl in s<sup>-1</sup>

### **2.5. Drehmoment (M)**

Das Drehmoment gibt an wie stark die Drehwirkung einer Kraft auf einen Körper ist. Die dazugehörige Einheit ist 1 Newtonmeter (Nm).

Das Drehmoment setzt sich aus folgender Formel zusammen:

$$M = l * F$$

Es gilt:

- $M$  ... Drehmoment in Newtonmeter
- $l$  ... Länge des Hebelarms in Meter (m)
- $F$  ... Kraft die der Drehkörper ausübt in Newton (N)

Das Drehmoment gemeinsam mit der Drehzahl bestimmt die Leistung eines Motors.

## **2.6. Leistung (P)**

Leistung im Allgemeinen beschreibt die verrichtete Arbeit pro Zeit. Die Leistung wird mit dem Formelzeichen P abgekürzt und hat die Einheit 1 Watt [1W].

Die Berechnung der Leistung im Allgemeinen erfolgt über folgende Formel:

$$P = \frac{W}{t}$$

Es gilt:

- P .... Leistung in Watt
- W .... Arbeit in Joule
- t .... Zeit in Sekunden

Im Normalfall wird die Leistung in mechanische und elektrische Leistung unterteilt.

### **2.6.1. Mechanische Leistung**

Bei der mechanischen Leistung unterscheidet man folgende Arten:

- Translatorische Leistung

$$P = F * v$$

- Rotatorische Leistung

$$P = M * \omega$$

### **2.6.2. Elektrische Leistung**

Die Berechnung der elektrischen Leistung unterscheidet sich je nachdem, ob es sich um Gleich- oder Wechselspannung handelt und was für eine Form die Wechselspannung aufweist. Bei Gleichspannung wird die elektrische Leistung mit folgender Formel berechnet:

$$P = U * I$$

## 2.7. Wirkungsgrad ( $\eta$ )

Der Wirkungsgrad gibt das Verhältnis zwischen abgegebener und zugeführter Leistung an. Dabei beschreibt er die Effektivität eines Gerätes oder einer Anlage, also wie viel Prozent der zugeführten Leistung in nutzbare Leistung umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad ist eine dimensionslose Einheit und liegt in der Regel zwischen 0 und 1. Liegt ein Wirkungsgrad von beispielsweise 0,8 vor heißt das, dass 80% der hineingesteckten Leistung als nutzbare Leistung aus der Anlage herauskommen.

Bei einem Wirkungsrad über 1 spricht man von einem Perpetuum Mobile. Da jede reale Anlage einen Leistungsverlust aufweist, gibt es solche Anlagen in der Realität nicht.

Formel:

$$\eta = \frac{P_{AB}}{P_{ZU}}$$

In unserem Fall:

$$\eta = \frac{P_{mechanisch}}{P_{elekrtisch}}$$

### **3. Vorstudie**

#### **3.1. Elektromotor**

Ein Elektromotor ist eine Maschine, welche elektrische Energie in mechanische Energie umwandelt. Die geschieht in den meisten Fällen über Magnetfelder am Stator, welche eine stromdurchflossene Spule in Bewegung, meistens Rotation, versetzen. Diese bewegliche Spule (Rotor) besitzt ein eigenes Magnetfeld, welches in Wechselwirkung mit dem Magnetfeld des Stators steht. Durch dieses Abstoßen/Anziehen wird der Rotor um seine eigene Achse gedreht. Währenddessen schalten die Magnetfelder im Stator immer so um, dass sie nie gleichgerichtet mit dem des Rotors sind. Somit kann Drehmoment erzeugt werden.

Bei unserem Kleinelektromotoren Prüfstand wurde ein bürstenloser Gleichstrommotor verbaut, welchen wir aus Kostengründen auch weiter verwenden. Dieser wird so durch einen Motortreiber angesteuert, dass ein sich drehendes Magnetfeld erzeugt wird, so dass sich der permanenterregte Rotor mit dreht.

#### **3.2. Bremse**

Eine Bremse wird meistens dazu benötigt um eine Verringerung der Geschwindigkeit bei Fahrzeugen oder anderen Teilen hervorzurufen. Dabei wird die kinetische Energie in Wärmeenergie umgewandelt.

### 3.2.1. Scheibenbremse

Die Scheibenbremse ist eine Reibungsbremse und besteht aus Brems Scheibe und Bremssattel. Beim Bremsvorgang drücken die Bremsklötze mit den Bremsbelägen axial gegen die Bremsscheibe, welche an der Radnabe befestigt ist. Die kinetische Energie wird durch die Reibung in Wärmeenergie, welche sich in der Bremsscheibe speichert, umgewandelt. Die Bremsscheibe erhitzt sich dadurch stark, was mittels Kühlrillen oder Bohrungen bedingt eingedämmt wird. Da die Bremsflächen frei liegen kann die Wärme schnell an die Umgebungsluft abgegeben werden.

Durch den starken Abrieb der Bremsen entsteht feiner Bremsstaub, welcher sich auf umliegenden Bauteilen sammelt.

#### Vorteile:

- hohe Bremskräfte möglich

#### Nachteile:

- große Wärmeentwicklung
- starker Verschleiß
- teuer auszutauschen
- Verschmutzung

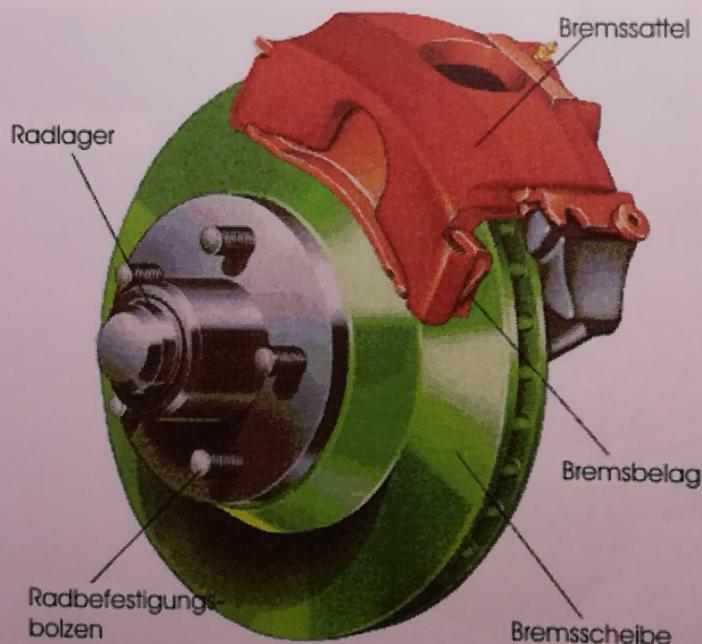


Abbildung 2: Scheibenbremse eines Autos

### 3.2.2. Wirbelstrombremse

Die Wirbelstrombremse, als verschleißfreie Bremse, erzeugt ihre Bremskraft durch Magnetfelder aus bewegten Metallteilen. Ein Elektromagnet erzeugt ein Magnetfeld, in welchem sich das ferromagnetische Bauteil bewegt. Dadurch werden Wirbelströme und Spannungen induziert, welche laut der Lenz'schen Regel entgegen dem Erregermagnetfeld ein eigenes Magnetfeld erzeugen. Die beiden Magnetfelder, die sich entgegenwirken, haben zur Folge, dass das ferromagnetische Bauteil abgebremst wird. Während des Bremsganges wird die zuvor kinetische Energie des Bauteils in Wärmeenergie umgesetzt. Die Bremskraft hängt jedoch mit der Geschwindigkeit bzw. der Drehzahl und dem Strom in den Elektromagneten zusammen. Die Wirkung der Bremse wird besser, je kleiner der Luftspalt zwischen ferromagnetischen Bauteil und Elektromagneten ist.

#### Vorteile:

- Hohe Bremskräfte möglich
- verschleißfrei
- lange Lebensdauer

#### Nachteile:

- Wärmeentwicklung

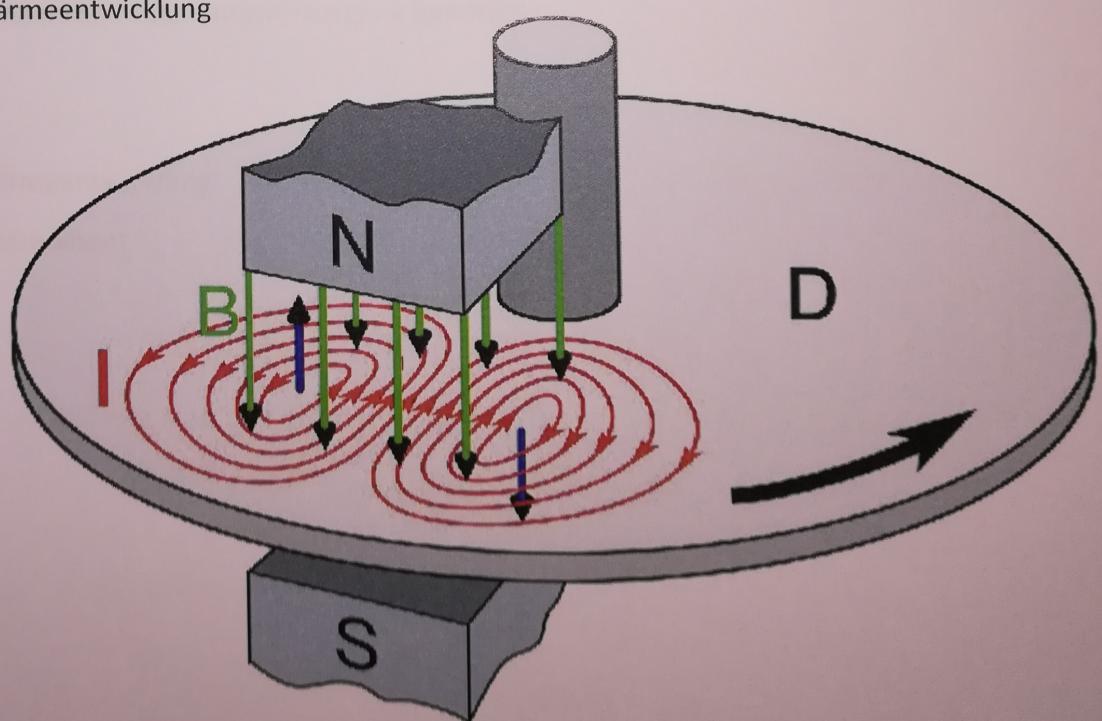


Abbildung 3: Wirkungsweise einer Plattenwirbelstrombremse

### **3.2.3. Hysteresebremse**

Die Hysteresebremse ist eine verschleißfreie Bremse, die aufgrund der Ummagnetisierung eines ferromagnetischen Materials, ihre Bremswirkung erhält. Dabei bewegen sich Dauermagneten an dem ferromagnetischen Material entlang und erzeugen so den gewünschten Energieverlust. Die Bremswirkung erfolgt aufgrund der Lenz'schen Regel, ähnlich der Wirbelstrombremse.

Die Elementarteilchen im ferromagnetischen Material werden um magnetisiert und erzeugen so ein entgegengesetztes Magnetfeld. Die Bewegungsenergie wird somit in Wärme umgewandelt.

Der Unterschied zur Wirbelstrombremse liegt hauptsächlich darin, dass die Hysteresebremse Dauermagneten und die Wirbelstrombremse Elektromagneten verwendet. Zusätzlich hängt die Bremswirkung nicht von der Bewegungsgeschwindigkeit der Elemente ab, deshalb wird eine sehr gleichmäßige Bremskraft erzeugt.

#### **Vorteile:**

- lange Lebensdauer
- verschleißfrei
- gleichmäßige Bremswirkung bis Stillstand
- keine Strom/Spannungsversorgung benötigt

#### **Nachteile:**

- Wärmeentwicklung
- Rastmoment

### **3.2.4. Entscheidung Bremswahl**

Wir haben uns dafür entschieden die Hysteresebremse beizubehalten, da diese ein gleichmäßiges Ergebnis der Messkurve gibt, da die Bremswirkung bei steigender oder sinkender Drehzahl unverändert bleibt. Zusätzlich, um ein sinnvolles Messergebnis für die verschiedenen Elektromotoren zu liefern, ist es von Vorteil, dass die Bremskraft nicht vom Strom der Elektromagneten, wie bei einer Wirbelstrombremse, abhängt.

Aufgrund der teuren Wartung der Scheibenbremse sowie der starken Wärmeentwicklung kam diese nicht in Frage.

## **3.3. Magnete**

Ein Magnet ist ein Körper der einen anderen Körper anziehen oder abstoßen kann. Einge-teilt werden Magnete in Dauermagneten und Elektromagneten.

### **3.3.1. Dauermagnete**

Dauermagnete bestehen meistens aus metallischen Legierungen, welche dem Magnet seine Anziehende/Abstoßende Wirkung verleihen. Diese Wirkung ist permanent aktiv und kann vielseitig eingesetzt werden. Beispielsweise um Dinge an etwas zu befestigen (Kühlschränkmagnet) oder in einem Kompass um Norden und Süden anzuzeigen. Eine besondere Art der Dauermagnete sind Neodym Magnete. Sie bestehen aus seltenen Erden und werden gesintert und haben daher sehr starke magnetische Eigenschaften, also eine große Feldstärke.

### **3.3.2. Elektromagnete**

Elektromagnete bestehen aus mehreren Teilen. Meistens aus einer stromdurchflossenen Spule und einem Eisenkern. Dadurch wird ein starkes Magnetfeld erzeugt, welches man regulieren kann, indem man den zugeführten Strom verändert. Hauptanwendungszweck sind Elektromotoren aller Art.