

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Zusammenfassung	3
1.2	Zielsetzung	3
2	Stand der Technik	5
2.1	Einsatz und Aufbau von Kompressoren	5
2.2	Wichtige physikalische Kenngrößen des Kompressors	7
2.3	Der Encoder	7
2.4	Schaltung des Encoders	9
2.5	Drucksensor	9
2.6	PT100 Temperaturfühler	10
2.7	Bauarten der Pt100	12
2.8	Schaltung der TP100	13
2.9	Dehnmessstreifen	13
2.10	DY-Dehnmessstreifen	14
2.11	Elektrische Schaltung der DMS	14
2.12	Carnot-Prozess	16
3	Industrie 4.0	18
3.1	Allgemein	18
3.2	Voraussetzung der Technik	18
3.2.1	Mechatronische Systeme	18
3.2.2	Die Bedeutung Cyber Physical Systems	18
3.2.3	Erklärung des Begriffs Das Internet der Dinge	20
4	Hardware	22
4.1	Die Versionen von Arduino	22
4.2	ATmega328 Boards	23
4.2.1	Definition	23
4.2.2	Eigenschaften	23
4.3	Arduino Uno	23
4.4	ATmega2560	24
4.4.1	Definition	24
4.4.2	Eigenschaften	24
4.5	Arduino Mega2560	25
5	PHP	26
5.1	Bedeutung PHP	26
5.2	Hauptgebiete der PHP-Skripte	26

5.3	Warum PHP?	27
5.4	Datenbank	27
5.5	Definition von SQL	28
5.6	was ist MySQL?	29
5.7	Serielle Communication	29
6	Softwarepaket	31
6.1	Sensoren Auslesen	31
6.2	Sendung der Daten	31
6.3	Empfang der Daten	31
6.4	Verarbeitung der Daten in PHP	32
	Abbildungsverzeichnis	37
	Tabellenverzeichnis	37
	Abkürzungsverzeichnis	37

1 Einleitung

Im Abschnitt Motivation wird definiert, warum es Sinn macht, Geräte z.B Kompressor im Industrie 4.0 zu vernetzen. Es wird zuerst die technische Lösung gezeigt. Im Abschnitt Zielsetzung wird erklärt, was man mit dieser Arbeit erreicht wird und welche Bestandteil dafür benutzt wird.

1.1 Zusammenfassung

Industrie 4.0 ist das Schlagwort, welches die 4. Industrielle Revolution beschreibt. Geräte und Maschinen werden heute intelligent durch die Vernetzung miteinander und mit den Menschen über das Internet kommunizieren. Maschinen und Geräte werden in der Zukunft digitalisiert¹ und mit Sensoren aufgebaut sein. Sie kommunizieren immer mit verschiedenen Systemen. Zum Beispiel mit Entwicklung, Produktion sowie Lieferanten und Kunden. Damit das alles funktioniert, müssen Sensoren in Maschinen digital erfasst werden. Es gibt einen neuen Begriff, der das Internet of Things (IoT) heißt, um die Sensoren und andere Maschinen mit digitalen Informationen zu verbinden. Die Bewertung und Simulationen werden über das Internet funktionieren. Dank der Vernetzung in der Industrie 4.0 könnten Menschen viele genaue Informationen von verschiedenen Quellen erhalten und falls es Störungen gibt könnten diese schnell bearbeitet werden und gleichzeitig die richtigen Entscheidungen getroffen werden. Diese Entwicklung verbessert viele Prozesse in unterschiedlichen Bereichen und vereinfacht die Kommunikation mit anderen Abteilungen.[1]

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption und Entwicklung einer mechatronischen Betriebsumgebung für einen Kompressoren-Versuchsstand in Anlehnung an Industrie 4.0. Dafür soll ein mechatronisches Konzept und Auswertungsgsoftware entwickelt werden. Das Auslesen der Sensoren erfolgt über einen Arduino, mit der Plattform eigenen Programmiersprache. Die Auswertung der Daten soll dann mit Hilfe von PHP ausgewertet und mit MySQL gespeichert werden. Die Auswertung soll dem Anwender anschließend grafisch zur Verfügung stehen.

Das Layout folgt in den Kapiteln Projektplanung, Software Engineering und UI-Prototypen. Weil Software Engineering grundlegend für die Software-Entwicklung ist und die Nutzbarkeit Hand in Hand mit der Software-Entwicklung

¹Digitalisierung bedeutet in dieser Arbeit die Vernetzung der einzelnen Komponenten untereinander.

funktioniert, deswegen ist es wichtig, sich eingehend mit dem Entwicklungs-Modell/Prozess zu befassen.

2 Stand der Technik

2.1 Einsatz und Aufbau von Kompressoren

Die Aufgabe von Kompressoren ist es Gase zu komprimieren. In diesem Fall nimmt die Dichte der Gase zu, gleichzeitig wird das Volumen verkleinert. Darüber hinaus steigen die Temperatur und der Druck durch die resultierte Kraft, die gebraucht wird, um die Gase entgegen ihres natürlichen Verhaltens zu verdichten. [2] Es gibt zwei Arten von Kompressoren, einen Kolbenkompressor und einen Schrauben-Kompressor. In der Arbeit wird ein Kolbenkompressor benutzt, auf diese Bauweise näher eingegangen. Den Aufbau eines typischen Kolbenkompressors sehen Sie in Abbildung 1.

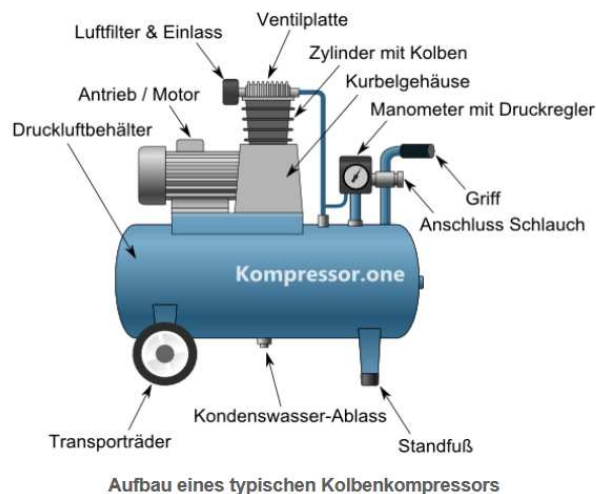


Abbildung 1: Aufbau eines typischen Kompressors

Sobald der Kolbenverdichter in Betrieb ist, wird sich der Kolben, der mit einer Dichtung zur Zylinderwand hin abgedichtet ist, hin und her bewegen. Wenn sich der Kolben zurückzieht, wird Luft durch das Einlassventil wie gezeigt in Abbildung 2 angesogen und wenn sich der Kolben wieder vorschiebt, schließt sich dieses Ventil und die Luft wird zusammengedrückt und wiederum wie gezeigt in Abbildung 3 durch das Auslassventil abgegeben.

Der Aufbau und das Prinzip des Kolbenkompressors ähnelt sehr einer handelsüblichen Luftpumpe. Formen und Gefäße, wie z.B. Tanks die unter Druck stehende Gase oder Flüssigkeiten aufnehmen sollen, können ebenso auf die gleiche Weise befüllt werden. Selbst bei der Produktion von PET-Flaschen wird die Funktionsweise von Kolbenverdichtern angewendet. Kolbenverdich-

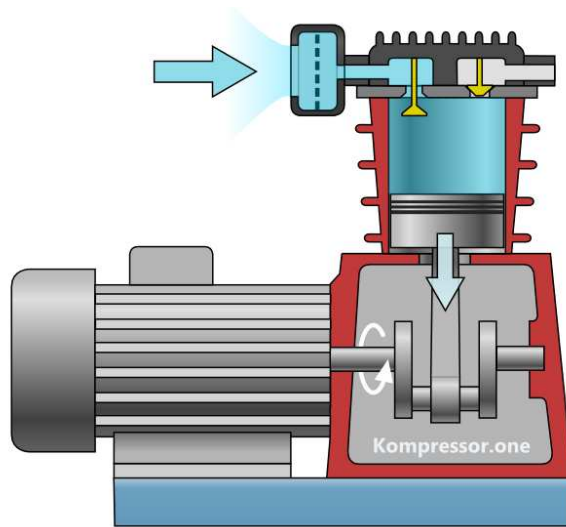


Abbildung 2: Ansaugen

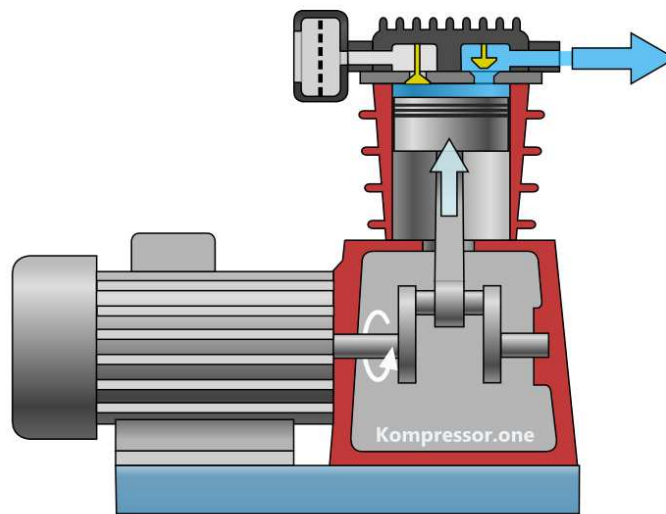


Abbildung 3: Verdichten

ter werden in Automotoren eingesetzt, um die Leistung zu erhöhen, indem sie mehr Luft in die Brennkammern befördern. Als weiteres wichtiges Merkmal ist zu benennen, dass die Verdichter nicht für den konstanten Gebrauch vorgesehen sind und nur zeitweise Arts gemäß zum Einsatz kommen.[2]

2.2 Wichtige physikalische Kenngrößen des Kompressors

Wichtige Parameter des Kompressors sind die Volumenfördermenge des Fördermediums pro Zeiteinheit und der Betriebsdruck, der durch den eventuellen überhöhten Druck der Druckluft bezeichnet wird. Ein weiterer wichtiger Parameter ist das Druckverhältnis, das sich aus dem Verhältnis zwischen Enddruck und Saugdruck ergibt. Der Durchfluss zeigt das Verhältnis zwischen dem Volumenstrom der geförderten Druckluft und dem theoretisch möglichen Volumenstrom[37].

Die Ansaugleistung ist die Luftmenge, die das Gerät benötigt, um es zu verdichten und in Druckluft umzuwandeln. Der Wert wird in Liter pro Minute (L/min) angegeben. Die Ansaugleistung eines Kolbenkompressors ist immer höher als die Ausgangsleistung, was viel wichtiger ist. Die Saugleistung ist daher nicht ideal als Kenngröße und nur bedingt nutzbar.

Die Größe des Kessels gibt das Volumen des Druckluftbehälters an. Abhängig von den Anforderungen und der Nutzung kann das Kesselvolumen ein relevanter Kontrollwert für Kompressoren sein. Dieser Kenngrößenwert des Kompressors gibt das Befüllungsvolumen des Druckluftbehälters an. Je größer die Kesselgröße, desto größer die Druckluftversorgung und umso mehr wird der Kompressor eingespart, da er nicht so häufig starten muss. Erst wenn ein Mindestdruck im Tank erreicht ist, startet der Motor wieder. Die Größe des Kessels wird in Liter angezeigt.

Der maximale Druck eines Kompressors repräsentiert den höchstmöglichen Grad der Luftverdichtung, der mit dem entsprechenden Drucklufterzeuger erreicht werden kann. Entgegen den Erwartungen ist dieser Vergleichswert von Kompressoren in vielen Fällen nicht sehr wichtig. Tatsächlich ist ein außergewöhnlich hoher Luftdruck nur bei sehr wenigen Arbeiten erforderlich. In den meisten Fällen genügt ein durchschnittlicher Druck, so dass dieser Vergleichswert nur im Einzelfall für eine Kaufentscheidung entscheidend sein sollte. Der Druck wird ebenfalls in bar gemessen[39].

2.3 Der Encoder

Der Drehgeber wird auch Wellencode genannt und ist wie ein Encoder, Winkelmesser oder ein Gerät, das auf der Basis einer mechanischen Bewegung bzw. einer Rotation arbeitet und sie in ein elektrisches Ausgangssignal umwandelt. Es gibt zwei Haupttypen: Absolutwertgeber, der die aktuelle Position der Welle angibt, deshalb wird er als Winkel-Messumformer dienen und

Inkrementalgeber, der die Daten liefert, um die Welle zu bewegen. Außerdem werden andere Daten wie Drehzahl, Position und Entfernung verarbeitet. Verschiedene Sensortechnologien können vom Encoder benutzt werden. Die am meisten verwendete Bauart ist die optischen Encoder. Eine Lichtquelle leuchtet bei einem optischen Encoder, wenn die Scheibe dreht. Sie ist markiert, dass das Licht scheint oder blockiert wird. Der Sensor nimmt das Scheinen des Lichtes und bildet einen angemessenen Impuls[3]. Den Aufbau und die Signalausgabe bei Rotation sehen Sie in Abbildung 4

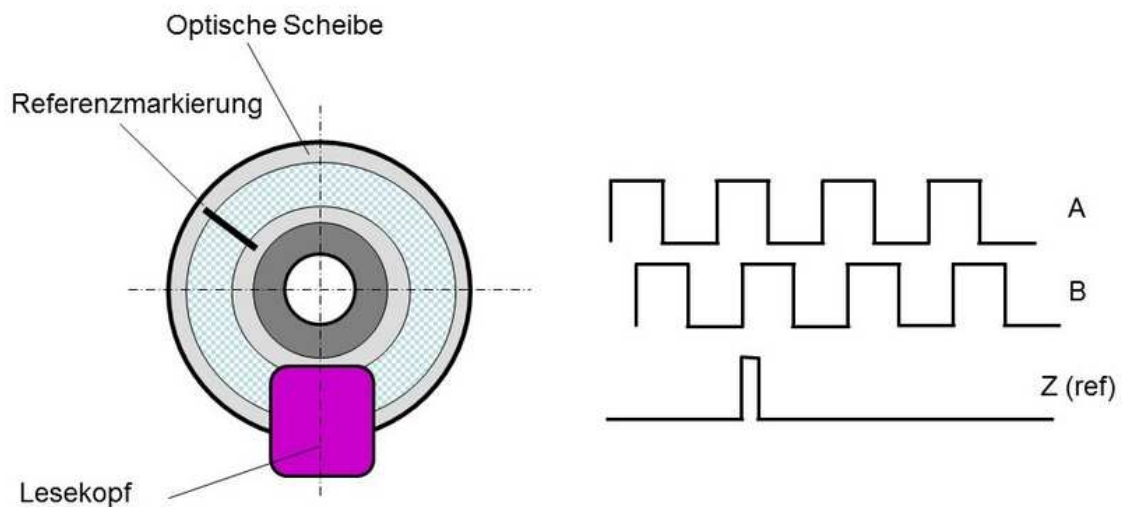


Abbildung 4: Optischer Encoder mit optischen Sensor und einer optischen Scheibe zur Winkelmessung[3]

Die rotierende Scheibe hat maximal 3 Spuren. Eine oder zwei äußere Spuren, die in (n) Intervalle gleichen Winkeln abwechselnd undurchsichtig und transparent unterteilt sind. Bei einer vollen Rotation des Encoders wird der Lichtstrahl (n) mal unterbrochen und liefert (n) diskrete Signale. Der Vershub aus 90° der elektrischen Signale A und B erlaubt es, die Drehrichtung zu bestimmen:

In eine Richtung während der aufsteigenden Front des Signals A, Signal B ist Null. Auf der anderen Richtung während der Menge Front des Signals A ist das Signal B eins. Die innere Spur (Z: Top Null) hat ein transparentes Fenster und liefert pro Runde ein einziges Signal. Dieses Z-Signal mit einer Dauer von 90° elektrisch bestimmt eine Referenzposition und ermöglicht den Reset bei jedem Zug.

Die Counting/Decounting von Impulsen durch die Verarbeitungseinheit ermöglicht es, die Position zu definieren[6].

2.4 Schaltung des Encoders



Die Trennmembran führt den Druck durch den systematischen Aufbau eines solchen Drucksensors in Abbildung 6 eine Flüssigkeit der Siliziummembrane mit Widersandmeßbrücke(2), die nach dem piezoresistiven Effekt arbeitet

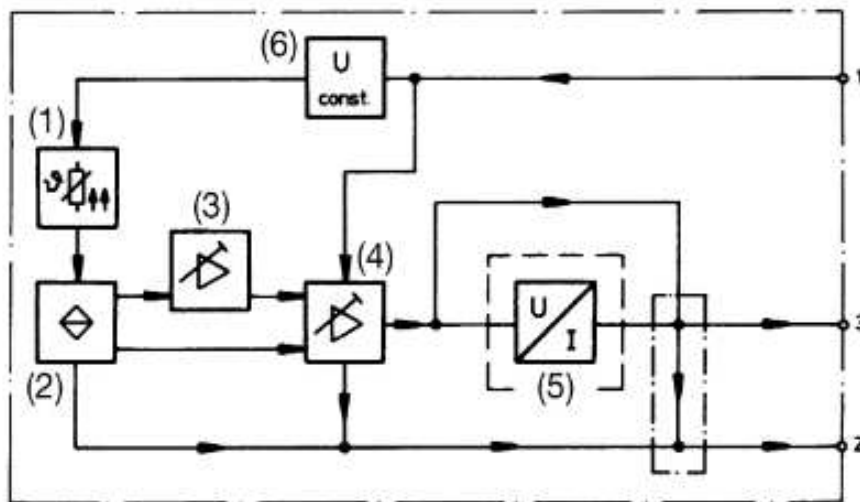


Abbildung 6: Blockschaltbild[4]

und über eine Temperaturkompensation(1) an eine Konstantspannungsquelle (6) angeschlossen ist. Das Ausgangssignal der Widerstandsmeßbrücke ist mit einem Differenzverstärker mit hohem Eingangswiderstand (4) verstärkt. Die Meßspanne wird mit Hilfe eines Meßspannentrimmers eingestellt. Eine Nullpunktkorrektur wird vom Verstärker (3) mit einstellbarer Verstärkung eingestellt. Der Ausgangssignal ist von 0 bis 20 mA .Durch der U/I-Wandler(5) wird das Ausgangssignal in einen angeeigneten Strom umgewandelt. [4]

Der Referenzdruck ist entweder absolut, relativ oder versiegelt.

Im geöffneten Raum entspricht der Absolutdruck dem Atmosphärendruck. Die Differenz zwischen dem absoluten Druck und dem atmosphärischen ist der relative Druck .Der Druck im Behälter ist ein bekannter Druck . Es ist wichtig ,den genauen Referenzdruck zu wählen , weil es mehr oder weniger Fehler eintreten könnte[8].

2.6 PT100 Temperaturfühler

Die maximale Temperatur des Eingriffs und die Umgebungstemperatur müssen berücksichtigt werden. Die meisten elektronischen Sender des Sensors werden nicht richtig funktionieren, wenn die Temperatur über 107°C(225°F) läuft. Deswegen ist der Einsatz des entsprechenden Montagezubehörs zum Beispiel ausreichende Längen der Impuls, Spulen und so weiter erforderlich, um die Sendezelle akzeptable Temperatur der Flüssigkeit zu reduzieren. Die







Anschluß			Anschlußbelegung	
			Stecker	Kabel
Spannungsversorgung DC 13-30 V		L + L -	1 2	weiß grau
Ausgang 0-10 V	-010	 - +	2 3	grau gelb
Ausgang 0-20 mA	-020	 - +	2 3	grau gelb
Ausgang 4-20 mA	-420	 - +	2 3	grau gelb
Ausgang 4-20 mA (Zweileiter)	-242		Eingeprägter Strom 4 bis 20 mA in Spannungsversorgung	
Schutzleiter				
Abschirmung				schwarz

Abbildung 7: Anschlußbelegung[4]

Exposition der Elektronik mit Halbleiter der Umgebungstemperaturen hat den Effekt der Beschädigung von Komponenten. Die meisten elektronischen Bauteile können nicht über eine Temperatur von 93°C(200°F)funktionieren und es gibt eine große Anzahl von Komponenten mit einer maximalen Betriebstemperatur von 85°C (185°F). Die hohen Temperaturen führen tendenziell zu sinkenden elektronischen Energieeffizienz. Auch hier wird empfohlen, die bestmögliche Kühlung des elektronischen Moduls zu gewährleisten. Vorstellbar ist auch ein System des Winterschutzes der Elektronik entweder durch Heizedampf, elektrisch oder mittels Thermostat[7].

Pt100 ist ein Platin-Widerstand mit einem Nennwiderstand von 100Ω bei einer Temperatur von 0°C , der in IEC 751 (EN 60751) definiert ist . Auf Englisch nennt man ihn Resistance Temperature Detector. Seit lang werden die Pt100 wie gezeit in Abbildung 8 in industriellen Unternehmen und im Labor benutzt. Es gibt auch andere Pt500 und Pt1000.

Pt100 sind stark und nicht empfindlich gegen elektrische Störungen, deshalb sind sie für viele Benutzungen geeignet. Außerdem können die auch in der Nähe von andere Geräten, Motoren und Generatoren gebaut werden, die hohe Spannungen liefern. Pt100 haben noch andere Vorteile, die können große Temperaturbereich von -200°C bis 850°C messen und lineare sind. Außerdem haben die gute Genauigkeit und Austauschbarkeit sowie hohe Stabilität für Langzeit[5].

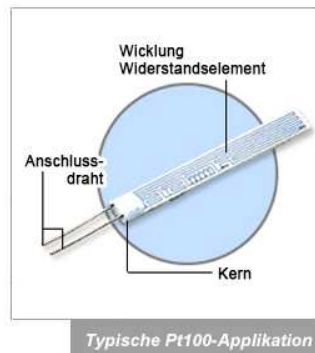


Abbildung 8: Typische Pt100-Applikation[5]

2.7 Bauarten der Pt100

Alle Pt100 sind mit Platin-Dünnschichttechnik produziert, die auf mikrostrukturierten Schichtverbindungen aus Metall, Glas und Keramik basiert. Darüber hinaus enthalten die Pt100 Sensorelemente aus einer dünnen Platin-Drahtwicklung, die mit einem Keramik oder Glaskörper verbunden sind. Das Element vom Widerstand steckt öfter in einem Mantelführer oder einem gleichen schützenden Gehäuse. Auch unter komplizierte Industriebedingungen sind die Pt100 Sensoren stark, präzise und stabil für lange Zeit. Den Aufbau eines typischen Platin-Dünnschichttechnik sehen Sie in Abbildung 9[5].

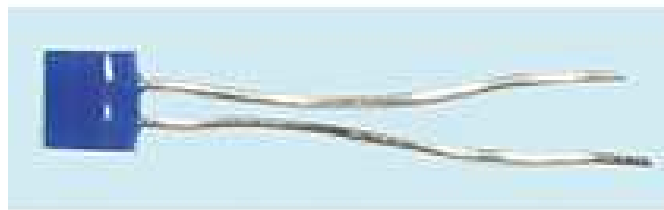


Abbildung 9: Platin-Dünnschichttechnik[5]

Um die Widerstandselemente zu herstellen, ist es notwendig ein Platin-Material zu nutzen, dessen Widerstand bei unterschiedlichen Temperaturen anerkannt und beschrieben ist. Es gibt eine Widerstandsänderung bei der Temperaturänderung. Damit die Temperatur aus dem Widerstand abgelesen werden kann, Eine wichtige Bauart für Pt100 ist der Drahtgewickelte-Widerstand wie gezeigt in Abbildung 10. Gleichzeitig gibt es zwei Ausstattung ein mit der Wicklung in einem Keramik oder Glasröhrchen, die am meisten verbreitet

2.8 Schaltung der TP100

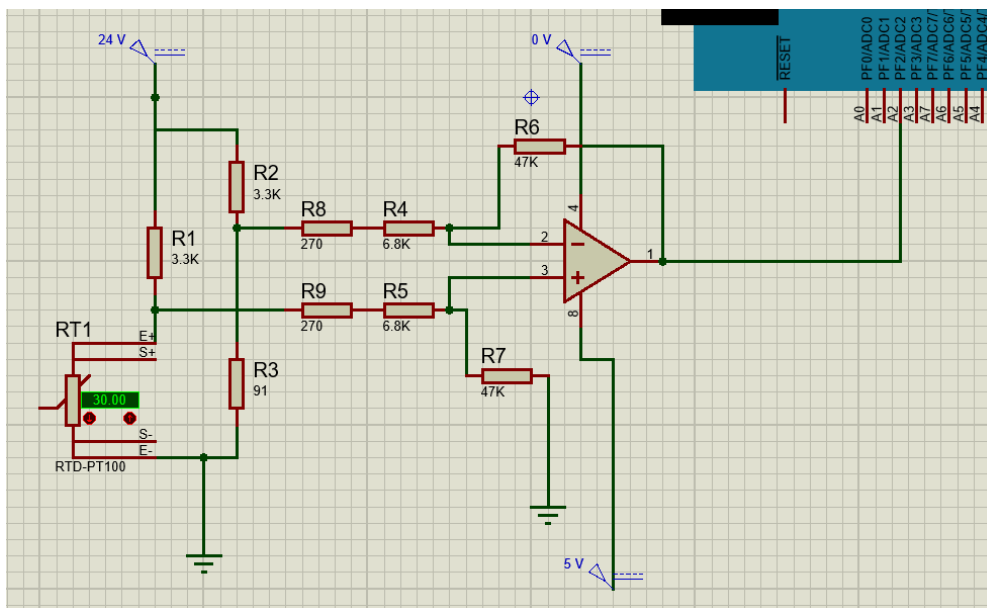


Abbildung 11: Schema der Aufbau von TP100

2.9 Dehnmessstreifen

Ein DMS ist ein Sensor, bei dem der Widerstandswert mit der Ausdehnung variiert. Die Widerstandsänderung ist auf die minimale Veränderung der Li-

nienstruktur im Falle einer Verformung zurückzuführen. Wenn der Leiter in Längsrichtung gestreckt wird, ist die Leiterstruktur dünner und länger, was zu einer größeren Festigkeit führt. Diese kleinste Widerstandsänderung gilt als Messwert. Um die Sensibilität der DMS zu erhöhen, sind sie in Mäanderform, was den Leiter als Ganzes verlängert. In der elektronischen Schaltungstechnik werden Brückenschaltungen eingesetzt, wenn es darum geht, minimale Schwankungen von Spannung, Strom oder Widerstand zu erkennen. Dies gilt auch für Dehnungsmessstreifen. Um relativ kleine Widerstandsänderungen zu erkennen, werden Dehnungsmessstreifen in Brückenschaltungen wie der Wheatstone-Brücke angeschlossen und Spannungsdifferenzen in nachgeschalteten Differenzverstärkern verstärkt[31].

2.10 DY-Dehnungsmessstreifen

Die DY-DMS haben zwei parallel angeordnete Messgitter. Die typische Anwendung dieser DMS ist die Messung an Biegestangen. Der Aufbau einer DY-DMS wird in Abbildung 12 gezeigt[26].

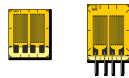


Abbildung 12: DY Doppel-DMS[32]

2.11 Elektrische Schaltung der DMS

Die geringen Widerstandsvariationen eines DMS werden fast ohne Ausnahme mit der Wheatstone Brücke ermittelt, die Abbildung 13 zeigt die Schaltung: Üb ist eine feste Spannung, hauptsächlich eine Gleichspannung, aber es wird auch die Wechselspannung benutzt. Dadurch werden unnötige Thermospannungen entfernt[33].

Es ist oft erforderlich, einen negativen Eingang in Arduino zu nehmen. Aber der Arduino nimmt nur positive Spannungen auf. Die unten erklärte Methode nimmt die negativen und positiven Werte und sendet sie an Arduino. Die Lösung besteht darin, sowohl den ursprünglichen Eingang als auch einen inversen Eingang zu nehmen und einen mit einem Multiplexer auszuwählen. So

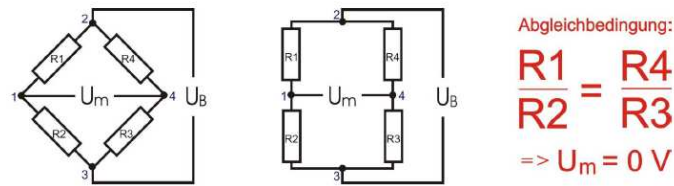


Abbildung 13: Wheatstone-Brücke mit DMS[33]

können wir den positiven Eingang, wie er ist, und den negativen Eingang in umgekehrter Form erhalten. Das Signal kann über den Ausgang eines Vergleichers bestimmt werden, der dem gleichen Eingang wie die Differenzverstärker ausgesetzt ist.

Die Schaltung besteht aus zwei Differenzverstärkern. Die Schaltung für beide ist genau gleich. Aber der angegebene Eingang ist umgekehrt.

(V1-V2 zu einem und V2-V1 zu einem anderen). Man verwendet Operationsverstärker LM358, um Differenzverstärkerteile zu realisieren. Man bekommt zwei Eingänge, einen umgekehrten und den Original. Wie man dazwischen wählt, ist im nächsten Schritt erklärt.

Der Vergleich wird benutzt, um das Zeichen des Eingangs (negativ oder positiv) zu ermitteln. Eine Komparatorschaltung kann mit einem einfachen Operationsverstärker hergestellt werden. Es wird eine positive Feedback gegeben (d.h. verbinden Sie die Output mit dem nicht-umkehrenden Anschluss des Operationsverstärkers) mit einem hohen Widerstand. Es wird 1 Mohm 1K oder 220 Ohm verwendet, die auch die Aufgabe erfüllen sollten. Man schließt dem Komparator mit zwei Eingänge (V1 und V2) an. V2 auf nicht invertierende Anschluss und V1 auf invertierende Anschluss. Der Komparator gibt den Ausgang Null aus, wenn der $V2-V1 < 0$ und Vcc wenn der $V2-V1 > 0$ ist, und der Ausgang des Komparators wird auch als Eingang des Multiplexers (CD4053) verwendet.

Wir haben Jetzt drei Leitungen :einen tatsächlichen Eingang, sein invertiertes Gegenteil und das Vorzeichen des Eingangs. Diese drei können direkt an den Multiplexer verbunden werden und der richtige Eingang kann im Code ausgewählt werden (digitalRead() der Vorzeicheneingang) oder wenn die Erhaltung eines Pins von Bedeutung ist, kann CD4053 mux benutzt werden. Die Schaltung wird in die Abbildung 14 gezeigt[34].

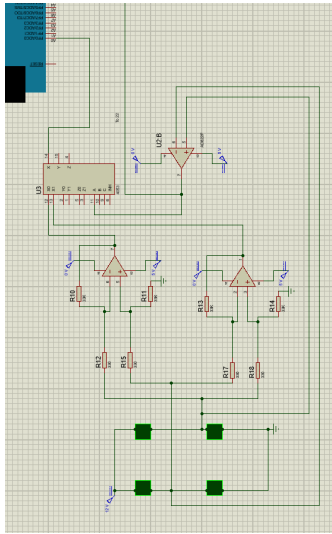


Abbildung 14: Schaltung der Dehnmessstreifen

2.12 Carnot-Prozess

Der Carnot-Prozess ist daher ein Modell für zirkuläre Prozesse, weil er Energie sehr effizient umsetzt, was er sehr gut kann, weil er absolut reversibel funktioniert, mit dem Vorteil, dass durch den Carnot-Prozess keine Entropie entsteht. Der Nachteil ist, dass es nur in der Theorie funktioniert, nicht in der Realität. Der Name ist der Carnot-Prozess, weil er von dem Franzosen Sadi Carnot erfunden wurde, der sich der Effizienzverbesserung von Dampfmaschinen widmete und der als sehr inoffiziell bezeichnet wird, für den seine wissenschaftlichen Forschungen oft wichtiger sind als seine Umgebung[35].

Damit dieser zyklische Prozess reversibel ist, werden die folgenden Zustandsänderungen berücksichtigt, die das Arbeitsmedium ständig aufsetzt:

1→2: isotherme Wärmeaufnahme: Die Wärmeübertragung erfolgt mit unbegrenzten kleinen Temperaturunterschied. Die Entropie nimmt zu, aber es findet keine Entropie statt.

2→3: Isentrope Expansion: Das Arbeitsmedium-Volumen steigt, Druck- und Temperatur sinken. Das läuft adiabat, das bedeutet ohne Wärmestrom, ohne Reibung und ohne Energieverlust.

3→4: Isotherme Wärmeabgabe: Hier auch erfolgt die Wärmeübertragung mit unbegrenzt kleinen Temperaturunterschieden, so dass nur die Entropie das System verlässt, die sowieso mit der Wärme zu tun hat, aber es entsteht

keine Entropie.

4→1: Isentrope Kompression: Das Arbeitsfluid wird komprimiert, dadurch werden Druck und Temperatur erhöht. Dies geschieht auch adiabatisch und ohne Energieverlust[35].

Die vier Zustandswechsel haben die Gemeinsamkeit, dass sie nur dann wie dargestellt ablaufen können, wenn sie unbegrenzt langsam sind und die Maschine unbeschränkt groß ist. Isotherme Zustandsänderungen treten bei unbegrenzten kleinen Temperaturunterschieden auf. Damit Wärme verdrängt werden kann, ist es notwendig, entweder unendlich lange zu warten oder eine unendlich große Fläche für die Wärmeübertragung zur Verfügung zu stellen. Und wenn man versucht, isentrope Zustandsänderungen zu erreichen, dann stellt man recht schnell fest, dass man unbegrenzt langsamer arbeiten muss, so dass keine Entropie entsteht[35].

Die Abbildung 15 zeigt ,wie man den Carnot-Prozess in einem p,v- Diagramme anzeigen kann.

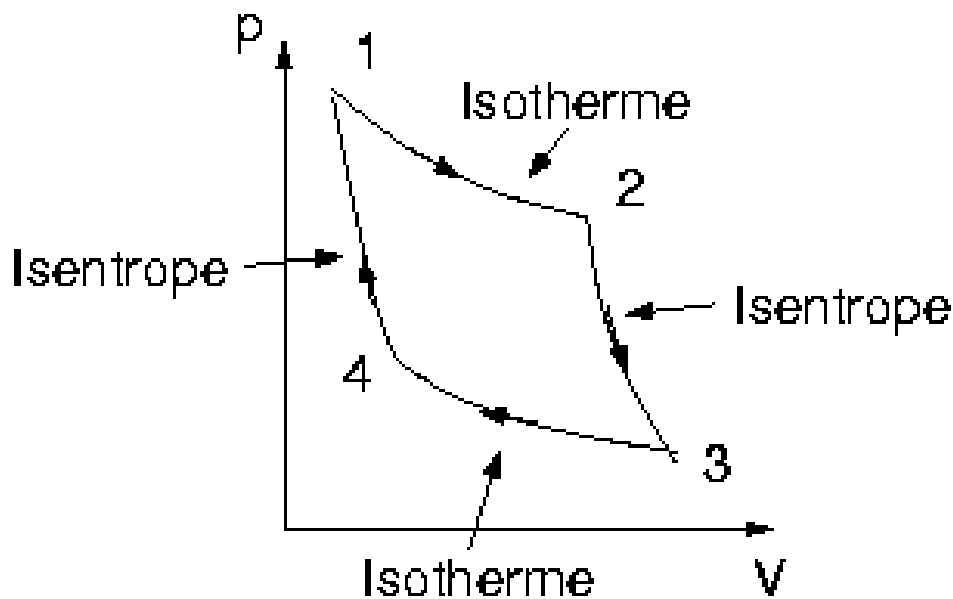


Abbildung 15: PV Diagramm[36]

3 Industrie 4.0

3.1 Allgemein

Industrie 4.0 ist ein Schlagwort, das die vierte industrielle Revolution beschreibt. Durch die Vernetzung der Maschine mit den Produkten wurde die traditionelle Produktionshierarchie abgebaut. Dezentrale Selbstorganisation ersetzt die zentrale Steuerung. Die Produkte werden aktiv in den Produktionsprozess eingebunden. Ressourcen- und Energieeinsparung ist eine Voraussetzung für die Prozessplanung und erfolgreiche Produktion. Es werden so genannte intelligente Fabriken aufgebaut. Der Name wurde zum ersten Mal auf der Hannover Messe 2011 verwendet[9]. In Deutschland sind die Empfehlungen zur Umsetzung des Arbeitskreises Industrie 4.0 an die Bundesregierung weitergeleitet worden. Auf der Hannover Messe 2013 wurde ein Endbericht der Arbeitsgruppe eingereicht und parallel dazu nahm die von den drei Fachverbänden Bitkom, VDMA und ZVEI gegründete Industriepattform 4.0 ihre Arbeit auf. Ziel ist es, die Aktivitäten in diesem Feld in Zukunft zu koordinieren[10]. Mechatronische Systeme, Cyberphysikalische Systeme und das Internet der Dinge oder Internet der Dienste sind technologische Voraussetzungen[11].

3.2 Voraussetzung der Technik

3.2.1 Mechatronische Systeme

Mechatronische Systeme bestehen aus einem Basissystem, Sensoren, Aktoren und ein Informationssystem. Transformation. Die Umsetzung der das mechatronische System, in dem es betrieben wird. Das Basissystem ist in der Regel ein mechanisch, elektromechanisch, hydraulisch oder pneumatisch. Generell ist jedoch jedes physikalische System als Basissystem denkbar, d.h. mechatronische Systeme mit einer bestimmten hierarchischen Struktur können abgebildet werden[12]. Die Abbildung 16 zeigt ein Beispiel eines mechatronischen System.

3.2.2 Die Bedeutung Cyber Physical Systems

CPS sind mechanische Komponenten durch intelligente Netzwerke und Informationstechnologien miteinander verknüpft. Sie erlauben die Steuerung und Überwachung komplexer Systeme und Infrastrukturen. Cyber-physikalische Systeme spielen in Industrie 4.0 eine wichtige Rolle. Sie sind moderne mechanische Komponenten, Software und Informationstechnologie. Die Vernetzung der verschiedenen Komponenten über Netzwerke wie das Internet ermöglicht

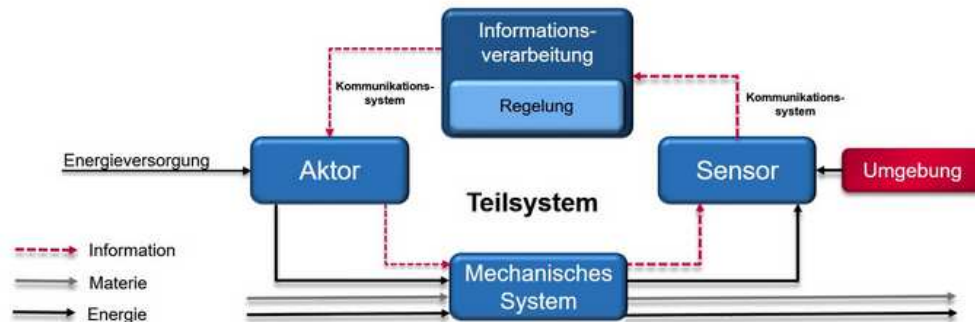


Abbildung 16: Mechatronisches System[12]

die Steuerung, Regelung und Überwachung komplexer Infrastrukturen. Der Informationsaustausch zwischen Objekten und vernetzten Systemen kann in Echtzeit, drahtlos oder drahtgebunden erfolgen. Die Komponenten cyberphysikalischer Systeme umfassen sowohl mobile Geräte als auch stationäre Maschinen, Systeme und Roboter. Cyberphysikalische Systeme spielen in Industrie 4.0 eine wichtige Rolle. Die technologischen Grundlagen des CPS werden durch Naturwissenschaften wie Informatik, Mathematik, Maschinenbau, Elektrotechnik und Robotik geliefert[13].

Das Betriebsprinzip ist auf vernetzte Sensoren, Aktoren und Software aufgebaut. Sensoren ermitteln Messdaten aus der physikalischen Welt und übertragen sie über Netzwerke an die Software, die sie verarbeitet. Daraus resultieren die Regeldaten, die die Software über das Netzwerk an die Stellglieder übermittelt. Cyberphysikalische Systeme sind in Abbildung ?? aufgebaut und zeichnen sich durch einen hohen Grad an Komplexität aus und werden beispielsweise für den Aufbau von Smart Power Grids, modernen Produktionsanlagen oder in der Medizintechnik eingesetzt. Viele verschiedene Komponenten und Technologien werden benötigt, damit cyberphysikalische Systeme ihre Aufgaben erfüllen können. Dazu gehören Zum Beispiel:

- Sensoren
- Aktoren
- eingebettete Systeme
- Netzwerkinfrastrukturen [14]

3.2.3 Erklärung des Begriffs Das Internet der Dinge

Der Begriff Internet der Dinge wie gezeigt in Abbildung 17 erklärt, dass der Computer zunehmend wie ein Gerät verloren geht und durch intelligente Objekte zu ersetzen ist. Um im Interesse der Menschen zu sein, sollte das Internet der Dinge die Menschen bei ihren Aktivitäten unbemerkt stärken. Kleinere eingebetteten Computer sind so konstruiert, dass sie Menschen helfen, ohne abzulenken oder Aufmerksamkeit zu ablenken.

Das Internet der Dinge beschreibt die Verbindung von klar identifizierbaren physischen Objekten mit einer virtuellen Darstellung in einer internetgleichen Struktur. Sie besteht nicht mehr nur aus menschlichen Beteiligten, sondern auch aus Dingen[15].



Abbildung 17: Internet der Dinge[16]

Die automatische Identifikation durch RFID wird oft als Basis für das Internet der Dinge betrachtet. Objekte können aber auch mittels Barcode oder 2D-Code eindeutig identifiziert werden. Geräte wie Sensoren und Aktoren ermöglichen die Erweiterung der Funktionalität, indem sie Zustände erfassen oder Aktionen durchführen. Das Internet der Dinge ermöglicht es, reale Informationen effektiv zu erfassen und digital zu verarbeiten, unter den technischen Bedingungen und Anforderungen, die oft als notwendig betrachtet werden, um die Medienlücke zwischen der realen und der virtuellen Welt zu reduzieren. Die Internetsichten der Objekte werden in die Produktionsumge-

bung übertragen. Die Industrie wird in der Lage sein, sehr stark individualisierte Produkte in kleinen Mengen (bis zu einer einzigen Menge) herzustellen, und zwar bei hoher Ressourcenproduktivität und entsprechender Geschwindigkeit[17].

4 Hardware

Drahtlose Ad-hoc oder Sensornetzwerke ermöglichen die Verbindung von Netzwerken zwischen zwei oder mehreren Endgeräten. Die Geräte verbinden sich ohne feste Infrastruktur. Dies führt dazu, dass für die Kommunikation keine festen Routingknoten bestehend aus Datenspeicher, Sensoren, Stromquelle und Funkmodul benötigt werden. Darüber hinaus haben sie mehrere Optionen für den Aufbau eines Sensorknotens und die Entwicklung, um von mehreren Anwendungen zu profitieren. Zu Beginn der 70er Jahre wurden die ersten AD-Hoc-Netze vom US-Militär entwickelt und werden heute noch im zivilen Bereich verwendet. Um einen drahtlosen Sensor in Arduino zu optimieren, müssen die Hardwarekomponenten getestet werden. Im weiteren Verlauf des Prozesses werden einige Versionen von Arduino dargestellt.[18]

4.1 Die Versionen von Arduino

Arduino ist eine Open-Source-Elektronikplattform, die auf einfach zu bedienender Hard- und Software aufbaut. Arduino-Karten sind in der Lage, die Eingänge - das Licht eines Sensors, einen Finger auf einer Taste oder eine Twitter-Mitteilung zu lesen und zu einem Ausgang zu machen, um einen Motor zu schalten, eine LED einzuschalten, etwas online zu veröffentlichen. Sie können ihrer Karte mitteilen, was sie tun soll, indem Sie eine Reihe von Befehlen an den Mikrocontroller auf der Karte senden. Dazu wird die Programmiersprache Arduino (basierend auf Verkabelung) benutzt und die Arduino-Software (IDE) auf die Verarbeitung basiert[19]. Im Laufe der Jahre war Arduino der Kopf hinter Tausenden von Projekten, von Alltagsgegenständen bis hin zu komplizierten wissenschaftlichen Instrumenten. Eine internationale Gemeinschaft von Studenten, Amateuren, Künstlern, Programmierern und Profis haben sich um diese Open-Source-Plattform angesiedelt, ihre Beiträge haben zu einer unglaublichen Menge an zugänglichem Wissen geführt, das für Anfänger und Experten eine große Hilfe sein kann.

Arduino wurde am Ivrea Interaction Design Institute als leichtes Werkzeug für Rapid Prototypen für Studenten ohne Elektronik und Programmierausbildung entwickelt[20]. Als die Arduino-Karte eine breitere Öffentlichkeit erreichte, begann sie sich an neue Anforderungen und Probleme anzupassen und unterscheidet ihr Angebot von einfachen 8-Bit-Karten über Produkte für IoT-Anwendungen, Laptops, 3D-Druck und integrierte Umgebungen. Alle Arduino-Karten sind komplett Open Source, so daß die Benutzer sie selbstständig entwickeln und an ihre spezifischen Bedürfnisse anpassen können. Die Software ist auch Open Source, und sie wird mit den Beiträgen von Anwendern auf der ganzen Welt gewachsen..[21]

4.2 ATmega328 Boards

4.2.1 Definition

Der ATmega328 ist ein von Atmel entwickelter Ein-Chip-Mikrocontroller aus der megaAVR-Familie (später wurde Atmel von Microchip Technology im Jahr 2016 übernommen). Es verfügt über einen modifizierten 8-Bit-RISC-Prozessorkern mit Harvard-Architektur. Ab 2013 wird der ATmega328 häufig in vielen Projekten und autonomen Systemen eingesetzt, in denen ein einfacher, stromsparender und kostengünstiger Mikrocontroller benötigt wird. Die wahrscheinlich häufigste Implementierung dieses Chips ist die beliebte Arduino-Entwicklungsplattform, nämlich die Modelle Arduino Uno und Arduino Nano[22].

4.2.2 Eigenschaften

Der Atmel 8-Bit-AVR-RISC-basierte Mikrocontroller kombiniert 32-kB-ISP-Flash-Speicher mit Lese- und Schreibfunktionen, 1-kB-EEPROM, 2-kB-SRAM, 23 Allzweck-E / A-Leitungen, 32 Allzweck-Arbeitsregister, drei flexible Timer / Zähler mit Vergleichsmodi, internen und externen Interrupts, seriell programmierbarem USART, einer byteorientierten seriellen 2-Draht-Schnittstelle, seriellen SPI-Port, 6-Kanal-10-Bit-A / D-Wandler (8 Kanäle in TQFP- und QFN / MLF-Paketen) , programmierbarer Watchdog-Timer mit internem Oszillator und fünf per Software wählbaren Energiesparmodi. Das Gerät arbeitet zwischen 1,8 und 5,5 Volt. Das Gerät erreicht einen Durchsatz von annähernd 1 MIPS pro MHz[23].

4.3 Arduino Uno

In der Abbildung 18 ist ein Arduino Uno, der ein Mikrocontroller-Board auf Basis des ATmega328P ist. Es besitzt 14 digitale Ein-/Ausgangspins (einschließlich 6 PWM-Ausgänge), 6 analoge Eingänge, einen 16 MHz Quarz, einen USB-Anschluss, eine Steckdose, einen ICSP-Anschluss und eine Reset-Taste. Es enthält alles, was man braucht, um den Mikrocontroller zu unterstützen; der wird einfach über ein USB-Kabel an einen Computer angeschlossen oder der wird mit einem AC/DC-Adapter oder einer Batterie eingeschaltet, um ihn zu starten. Man kann an UNO arbeiten, ohne Sorgen zu machen, etwas falsch zu machen,

Uno bedeutet eins auf Italienisch und wurde anlässlich der Veröffentlichung von Arduino Software (IDE) 1.0 ausgewählt. Die Uno-Karte und die Arduino-Software Version 1.0 (IDE) waren die Referenzversionen von Arduino, die sich nun zu neuen Versionen weiterentwickelt haben. Die Uno-Karte ist die erste

aus einer Reihe von Arduino USB-Karten und das Referenzmodell für die Arduino-Plattform; eine komplette Liste der derzeitigen, vergangenen und veralteten Karten findet man im Arduino-Kartenverzeichnis [21].

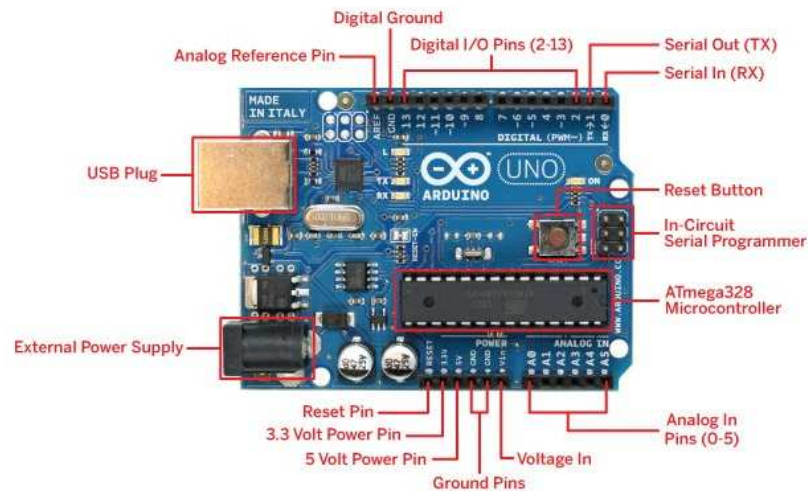


Abbildung 18: Arduino Uno (eigene Darstellung)

4.4 ATmega2560

4.4.1 Definition

Das Arduino Mega 2560 ist ein Mikrocontroller-Board, das auf dem ATmega2560 basiert. Es verfügt über 54 digitale Eingangs- / Ausgangspins (von denen 14 als PWM-Ausgänge verwendet werden können), 16 analoge Eingänge, 4 UARTs (serielle Hardware-Ports), einen 16-MHz-Quarzoszillator, einen USB-Anschluss, eine Netzbuchse, einen ICSP-Header und eine Reset-Taste. Es enthält alles, was zur Unterstützung des Mikrocontrollers benötigt wird. Schließen Sie es einfach mit einem USB-Kabel an einen Computer an, oder versorgen Sie es mit einem Netzteil oder Akku, um loszulegen. Das Mega ist kompatibel mit den meisten Schilden, die für den Arduino Duemilanove oder Diecimila entwickelt wurden[24].

4.4.2 Eigenschaften

Der RISC AVR-basierte 8-Bit-Microchip-Mikrocontroller verbindet 256KB ISP-Flash-Speicher, 8KB SRAM, 4KB EEPROM, 86 gemeinsame I/O-Leitungen,

32 allgemeine Arbeitsregister, Echtzeitzähler, 6 flexible Betriebsstundenzähler mit Vergleichsmodus, PWM, 4 USART, 2 Byte serielle 2-Draht-Schnittstelle, 16-Bit-A/D-Wandler und JTAG-Schnittstelle für chipbasiertes Debugging. Das Gerät schafft einen Durchsatz von 16 MIPS bei 16 MHz und funktioniert zwischen 4,5 und 5,5 Volt. Durch die Ausführung leistungsfähiger Befehle in einem einzigen Taktzyklus erreicht das Gerät einen Durchsatz von etwa 1 MIPS pro MHz, der den Stromverbrauch und die Verarbeitungsgeschwindigkeit ausgleicht[24].

4.5 Arduino Mega2560

Arduino Mega 2560 wie beschrieben in Abbildung 19 ist eine Mikrocontroller-Karte auf Basis des ATmega2560 mit 54 digitalen I/O-Pins (davon 14 als PWM-Ausgänge nutzbar), 16 analogen Eingängen, 4 UARTs (serielle Hardwareschnittstellen), einem 16 MHz Quarzoszillator, einer USB-Schnittstelle, einem Leistungsstecker, einem ICSP-Header und einem Reset-Taster. Es enthält alles, was man braucht, um den Mikrocontroller zu unterstützen. Man schließt die Karte einfach über USB an einen Computer an oder man schließt sie mit einem DC/AC-Adapter oder einer Batterie an, um sie zu starten. Arduino Mega ist mit den meisten der für Arduino Duo, Duemilanove oder Diecimila entwickelten Schilde kompatibel[21].

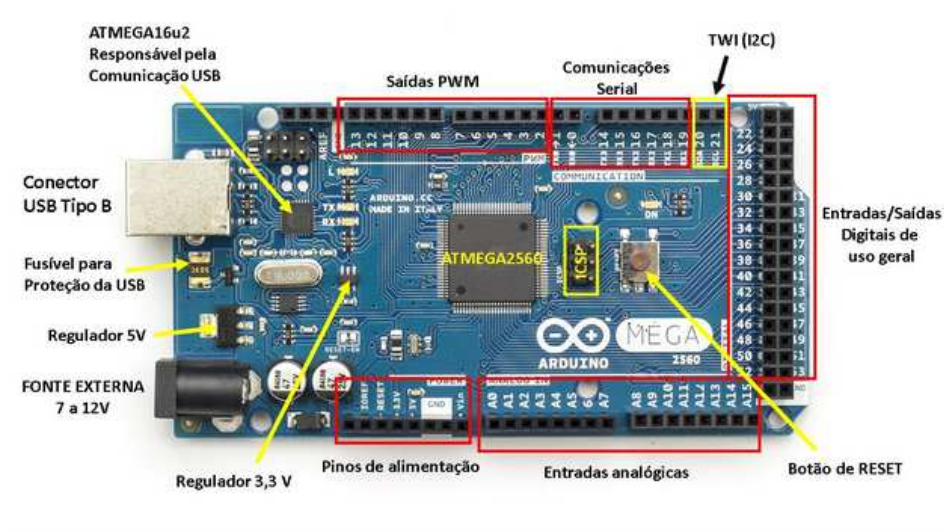


Abbildung 19: Arduino Mega 2560 Eigene Abbildung in Anlehnung mit[21]

5 PHP

5.1 Bedeutung PHP

PHP ist eine Open-Source-Skriptsprache für den allgemeinen Gebrauch, die speziell für die Webprogrammierung entwickelt wurde und in HTML integriert werden kann. PHP zeichnet sich von clientseitigen Sprachen wie Javascript dadurch aus, dass der Code auf dem Server ausgeführt wird, wo er eine HTML-Ausgabe erzeugt, die an den Kunde geschickt wird. Der Kunde bekommt daher nur das Ergebnis der Skriptausführung, ohne wissen zu können, wie der tatsächliche Code aussieht. Es besteht die Möglichkeit, dass Ihr Webserver alle Ihre HTML-Dateien mit PHP prüft, weil es dann wirklich nichts gibt, was man dem Benutzer sagen kann, was es in petto enthält.

Das Besondere an der Benutzung von PHP ist, dass es für Anfänger extrem einfach zu bedienen ist, aber auch eine Vielzahl von Funktionen für den professionellen Programmierer bietet. Die lange Liste der PHP-Funktionen zu lesen, macht kein Problem. Weil es möglich ist, in weniger Stunden einfache Skripten zu erstellen[25].

5.2 Hauptgebiete der PHP-Skripte

Es gibt drei Hauptbereiche, in denen PHP-Skripte verwendet werden :

- Serverseitige Programmierung. Dies ist die traditionelle und das wichtigste Bereich von PHP. Es braucht drei Dinge, um es zu benutzen: Der PHP-Parser (CGI² oder Servermodul), ein Webserver und ein Webbrowser. Es muss einen Webserver ausgeführt werden, der mit einer PHP-Installation verbunden ist. Es ist möglich, auf die Ergebnisse des PHP-Programms über einen Webbrowser zu reagieren, der die Seite über den Server anzeigt. Es kann all dieses Skript auf Ihrem PC ausgeführt werden, wenn man zuerst mit der PHP-Programmierung ausprobieren will.
- Befehlszeilenprogrammierung. Es ist ebenfalls möglich, PHP-Skripte zu schreiben, die ohne Server oder Browser funktionieren. Alles, was es benötigt ist, ist der PHP-Parser. Die Nutzungsart ist ideal für Programme, die häufig mit cron (unter Linux) oder (unter Windows) durchgeführt werden. Skripte können auch für eine einfache Textverarbeitung verwendet werden.

²CGI bedeutet allgemein Verwaltungsrechner Schnittstelle

- Schreiben von Desktop-Applikationen. PHP ist wahrscheinlich nicht die allerbeste Sprache, um Desktop-Anwendungen mit grafischer Oberfläche zu schreiben, aber wenn Sie PHP sehr gut kennen und einige weiterführende PHP-Features in Ihren clientseitigen Applikationen nutzen möchten, können Sie PHP-GTK nutzen, um derartige Programme zu schreiben. Auf diese Art haben Sie auch die Möglichkeit, plattformübergreifende Applikationen zu schreiben. PHP-GTK³ ist eine Erweiterung von PHP, die in der Hauptdistribution nicht enthalten ist.

PHP kann auf allen wichtigen Betriebssystemen genutzt werden, einschließlich Linux, vielen Unix-Varianten (einschließlich HP-UX, Solaris und OpenBSD), Microsoft Windows, MacOS, RISC OS und möglicherweise anderen. PHP ist auch kompatibel mit den meisten aktuellsten Webservern. Dazu gehören Apache, Microsoft Internet Information Server, Personal Web Server, Netscape und iPlanet Server, Oreilly Website Pro Server, Caudium, Xitami, OmniHTTPd und viele andere. Für die meisten Server stellt PHP ein eigenes Modul zur Verfügung, für andere, die den CGI-Standard erfüllen, kann PHP als CGI-Prozessor eingesetzt werden[26].

5.3 Warum PHP?

PHP ist die am häufigsten verwendete Programmiersprache und die Sprache für die Entwicklung dynamischer Webanwendungen, weil es einfach funktioniert. Die PHP-Programmierung kann alles tun, was eine andere Programmiersprache für dynamische Anwendungen tun kann. Der Vergleich von Programmiersprachen ist schwierig, da jede ihre Vor- und Nachteile hat. Grundsätzlich ist jedoch die Aussage, dass PHP einfach und schnell ist. Die Nachteile von PHP sind erhöhter Netzwerktraffic, Geschwindigkeitsnachteil beim Kompilieren des Skriptes[38]. Experten zufolge ist die Syntax von PHP der von ASP und JSP überlegen und leistungsfähiger als ColdFusion und viel einfacher zu erlernen als Pearl. Diese Vorteile machen PHP zur am weitesten verbreiteten Programmiersprache[27].

5.4 Datenbank

Die effiziente Speicherung und Abfrage großer Datenmengen hat wesentlich zum Erfolg des Internets beigetragen, das in der Regel mit Hilfe von Datenbanken realisiert wird: Seiten wie Yahoo, Amazon und Ebay sind stark von der Zuverlässigkeit von Datenbanken abhängig, in denen große Mengen an Informationen gespeichert sind. Der Datenbank-Support ist jedoch nicht

³GTK bedeutet in dieser Arbeit ein Paket von Sprachverbindungen für PHP

im Web, für den Webentwickler reserviert, verschiedene leistungsstarke Implementierungen werden zu relativ niedrigen Preisen (oder sogar kostenlos) angeboten, das Hinzufügen von Such- und Sortierfunktionen auf Ihrer Website ist viel einfacher, und die Steuerung von Berechtigungen ist dank der Berechtigungskontrollfunktionen vieler Datenbanksysteme einfach[28].

5.5 Definition von SQL

SQL könnte kurz als Standardsprache für die Interaktion mit relationalen Datenbanken beschrieben werden. SQL ist aber keine Computersprache wie C, C++ oder PHP. Es ist vielmehr ein Interface-Tool, mit dem man verschiedene Befehle ausführen kann. SQL ist jedoch nicht nur eine Abfragesprache (wie der Name schon sagt), sondern bietet eine Vielzahl von Werkzeugen für die Datenbankinteraktion:

- **Datenstrukturdefinition:** SQL kann die verschiedenen Konstruktionen definieren, die die Datenbank zum Speichern von Daten verwendet.
- **Datenabfrage:** SQL kann Daten aus einer Datenbank abrufen und in einem einfach zu lesenden Format anzeigen.
- **Datenbearbeitung:** SQL kann Daten einfügen, aktualisieren und aus der Datenbank löschen.
- **Datenzugriffskontrolle:** SQL kann verwendet werden, um zu steuern, wer Daten basierend auf dem Benutzer anzeigen, einfügen, aktualisieren und löschen darf.
- **Datenintegrität:** SQL verhindert Datenverluste aufgrund paralleler Datenaktualisierungen oder Systemausfälle[28].

Nach der Definition ist SQL besonders für relationale Datenbanken bestimmt. Eine analytische Datenbank ist eine Datenbankimplementierung, bei der alle Daten in Tabellen mit einem einzigartigen Namen untergliedert sind. Es kann eine Tabelle in Form von Datenwerten wie beschrieben in Abbildung 20 aufgebaut werden, bei der die Position der Daten pro Zeile/Spalte definiert wird. Dieses Format wird in der Regel auch für die Darstellung verwendet[28].

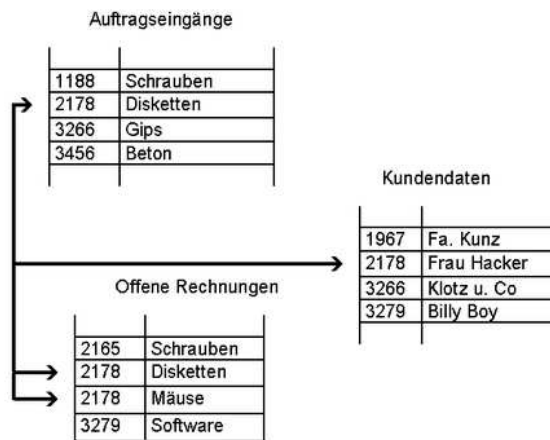


Abbildung 20: Beispiel einer relationalen Datenbank[29]

5.6 was ist MySQL?

MySQL ist ein zuverlässiger SQL-Datenbank-Server, der von T.c.X DataKon-sultAB in Stockholm, Schweden, entwickelt wurde[30]. Seit der Entwicklung im Jahr 1995 hat sich MySQL zu einem der beliebtesten Datenbankserver der Welt etabliert. Diese Akzeptanz ist zum Teil auf die Schnelligkeit, Stabilität und Flexibilität der Lizenzpolitik von MySQL zurückzuführen, die im Vergleich zu PHP aufgrund ihrer Funktionen und vieler vordefinierter und einfach zu bedienender Schnittstellenfunktionen eindeutig die beliebteste Datenbank geworden ist[28]. MySQL organisiert, stellt dar, bewahrt und modifiziert Daten der klassischen Aufgabe eines Datenbank-Managementsystems. Es arbeitet als Client-Server-System: Die entsprechende Datenbank ist der Server. Die clientseitige Software sendet Befehle an die Datenbank. Die Datenbank wandelt die Aufträge in vollziehbaren Code um, führt die Aufträge aus und schickt die Informationen über sie an den Kunden[28][30].

5.7 Serielle Communication

Die Universal Asynchronous Transmitter Software Library (UART) wird für die RS232-basierte serielle Kommunikation zwischen zwei elektronischen Geräten verwendet. Bei der seriellen Kommunikation werden nur zwei Kabel benötigt, um Daten in beide Richtungen zu übertragen. Die Daten werden im seriellen Format an den Logikpin1, auch bekannt als Mark, gesendet. Die Datenübertragung beginnt, wenn dieser Pin auf Logik 0, auch bekannt als SPACE, wechselt. Das letzte gesendete Bit ist das Stopp bit mit Logik 1.

Serielle Daten werden in der Regel als 10-Bit-Frame gesendet, der sich aus einem Startbit, 8 Datenbits und einem Stoppbit und keinem Prioritätsbit zusammensetzt. Die Abbildung 21 zeigt, wie das Zeichen A über die serielle Kommunikation gesendet werden kann. Zeichen A hat das Binärmodell ASCII 01000001, wie in der Abbildung dargestellt, das Startbit wird zuerst gesendet, gefolgt von 8 Datenbits 01000001, und schließlich wird das Stoppbit gesendet.

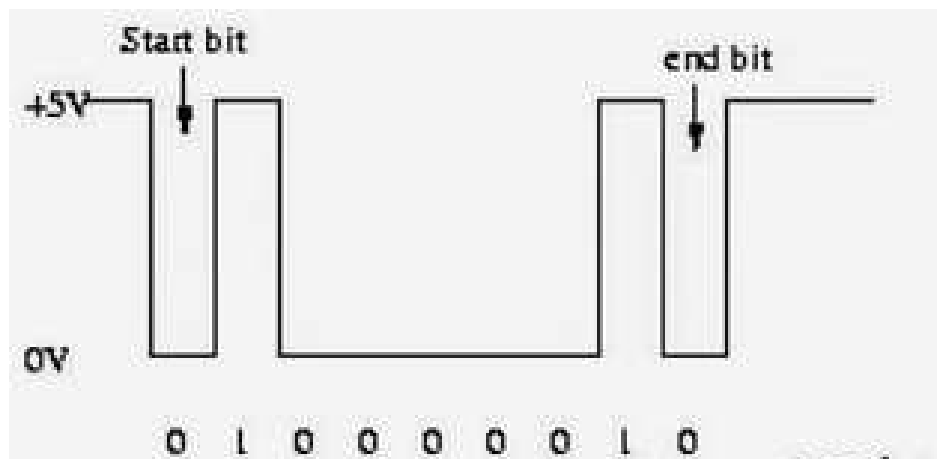


Abbildung 21: Sendung der Character A in Serial Communication[40]

Die Bit-Timings sind bei der seriellen Kommunikation sehr wichtig, und der Sender (TX) und der Empfänger (RX) müssen die gleichen Bit-Timings haben. Das Bit-Timing wird durch die Baudrate gemessen, die die Anzahl der übertragenen oder empfangenen Baudraten pro Sekunde angibt. Typische Baudraten sind 4800, 9600, 19200, 38400 usw. Beispielsweise werden bei einem Betrieb mit 9600 Baudrate mit einer Bildgröße von 10 Bit pro Sekunde 960 Zeichen gesendet oder empfangen. Das Timing zwischen den Bits beträgt dann etwa 104ms[40].

6 Softwarepaket

die Allgemeine Idee ist die Industrialisierung eines Kompressores im Industrie 4.0. Die Sensoren liefern die Werten und diese Werten müssen von Arduino zu dem PC gelesen und geliefert. Um die Graphe zu erstellen, wird PHP benutzt. Danach wird die Integrale berechnet. Es wird auch SQL verwendet ,um die Daten zu speichern.

6.1 Sensoren Auslesen

Es werden im Programm Arduino alle Eingänge den Sensoren und Variable definiert. Es wird 3 PT100 benutzt und jeder liefert 5 Werten für 5 Cyclus das bedeutet 15 Werten. Drucksensor liefert 100 Werten bzw 500 Werten für 5 Cyclus sowie den Dehnmessstreifen. Aus diesem Grund wird es den Durchschnittswert gemacht, um insgesamt 203 werten zu bekommen. Die drei Interrupt die definiert sind, Signal A, Signal M und S. Die Interrupt S wird gemacht, weil man 5 Umdrehungen braucht. Signal 13 ist als Output definiert und schickt das Signal zu den Pin S, damit diese Interruption funktionieren kann. Nachdem die Informationen bekommen wurden , müssen diese Interruptionen deaktiviert werden.

6.2 Sendung der Daten

Um die Daten zu senden, es wird drei wichtigen Funktionen benötigt. Diese Funktionen sind Serial Beginn, Serial Println und Baudrate. Die Funktion Serial Beginn() weist den Arduino an, eine serielle Verbindung mit 9600 bps herzustellen. Mit der funktion Serial Println wurde die serielle Verbindung gesendet und prüft ,ob die daten von 3 Sensore der Temperature, Druck und Dehnmessstreifen in PHP gezeigt werden . Die Funktion Baudrate hat die gleiche Aufgabe wie Serial Beginn(). die gehört zu PHP und sie ist sehr wichtig , damit die Kommunikation zwischen PHP und Arduino richtig gemacht wird.

6.3 Empfang der Daten

Bei der Empfang der Daten sollte der serielle Port vom Arduino definiert werden. Danach wurde es ein Objekt Serielle erzeugt, damit der Empfang der Daten gemacht wird. Die fonction deviceOpen spielt eine wichtige Rolle, um die Daten zu empfangen. Ohne diese Function könnte keine Kommunikation angefangen werden. Da fängt die RX zu leuchten und das bedeutet der

Start der Kommunikation mit Arduino. Bevor PHP eine Nachricht zu Arduino schickt, ist es notwendig in diesem Fall eine Wartezeit zu machen, weil PHP eine Wartezeit benötigt, um die Daten zu lesen, denn Arduino braucht Zeit, um die Werten zu schicken. Die Werten, die von PHP gelesen werden sind 203 Werten, 3 Werten von den Temperatursensoren, 100 Werten von Drucksensoren und 100 Werten von Dehnmessstreifen. Diese Werten werden im seriellen Communication gespeichert und dann werden diese Werten Zeileweise gelesen, dafür wird die Funktion `ReadMessageByLine` verwendet. Die Werten werden danach als Ergebnis in einer Tabelle gespeichert. Nach dem alle Werten gelesen sind, schließt die Funktion `deviceopen` den seriellen Port, d.h. die Kommunikation ist abgeschlossen.

6.4 Verarbeitung der Daten in PHP

Im Programm PHP werden die Werten von Temperatursensoren, Drucksensor und Dehnmessstreifen umgewandelt. Bei den Temperatursensoren müssen die Temperaturspannungen umgewandelt, damit man am Ende die Werten in Celsius bekommt. Dafür müssen die Widerstände der Temperatursensoren berechnet werden. Um die zu berechnen, wird diese Gleichung benutzt:

$$R_t = av + b \quad (1)$$

Für die Berechnung der Wert A wird diese Gleichung benutzt:

$$a = \frac{R_{max} - R_{min}}{V_{smax} - V_{smin}} \quad (2)$$

B ist der minimale Widerstand und es wird der Wert 91 bei $V=0$ benutzt. Danach werden V_{smax} und V_{smin} berechnet.

$$V_{smax} = V_b(+) - V_b(-) \quad (3)$$

$$V_b(+) = V \frac{R_t}{R_t + R} = 24 \frac{200}{200 + 3300} = 1,37V \quad (4)$$

$$V_b(-) = V \frac{R_t}{R_t + R} = 24 \frac{91}{91 + 3300} = 0,64V \quad (5)$$

$$V_{smax} = V_b(+) - V_b(-) = 1,37 - 0,64 = 0,73V \quad (6)$$

Nach der Berechnung wurde festgestellt, dass die Werte von V_{smax} zu klein sind. Aus diesem Grund muss ein Operationsverstärker benutzt werden. Laut der Gleichung des Operationsverstärkers wird V_{smax} neu berechnet mit dieser Formel wie folgt.

$$V_{smax} = \frac{R7}{R8 + R4}(Vb(+) - Vb(-)) = \frac{47000}{270 + 6800}(0,73) = 4,85V \quad (7)$$

$$V_{smin} = Vb(+) - Vb(-) \quad (8)$$

$$Vb(+) = V \frac{Rt}{Rt + R} = 24 \frac{91}{91 + 3300} = 0,64 \quad (9)$$

$$Vb(-) = V \frac{Rt}{Rt + R} = 24 \frac{91}{91 + 3300} = 0,64 \quad (10)$$

laut der Berechnung $V_{smin}=0$ und schließt sind alle Werten Berechnet ,um die Wert von a zu bekommen

$$a = \frac{200 - 91}{4,85} = 22,47 \quad (11)$$

Wenn die Rt berechnet ist, könnte die Temperatur zu Celisius laut dieser Formelsatz umgewandelt werden.

$$T = \frac{Rt - R0}{R0.\alpha} \quad (12)$$

Bei der Drucksensor wurde es auch ein Paar Berechnungen gemacht um die Werten zu Konvertieren.Damit der Graph(P,V) erstellt werden könnte. Der Drucksensor ist linear ,deshalb wird die Methode der Dreisatz gemacht ,um den Ausgangsstrom zu Bar konvertieren.

$$Druck_Voltage = \frac{Druck_Ergebnis}{1023}.5 \quad (13)$$

Laut der folgenden Gleicheung wird der Strom berechnet.

$$U = R.I \quad (14)$$

Wenn der Strom berechnet ist ,musste zu bar umgewandelt sein. Der Drucksensor funktioniert im Bereich $[0,16]$, deshalb wird die wert 16 bei der Umwandlung genutzt.

$$Konvertiertdruck = \frac{Druck_I * 16}{20 * 10^{-3}} \quad (15)$$

Die Werten der DMS müssen auch konvertiert werden. Mit den konvertierten Werten konnte das Diagramm der Moment erstellt werden. In diesem Fall werden noch ϵ , σ und der Moment berechnet werden.

$$DMS_Voltage = \frac{DMS_Ergebnis}{1023} \cdot 5 \quad (16)$$

$$\epsilon = \frac{DMS_Voltage}{K \cdot DMS_Vs \cdot 100} \quad (17)$$

$$\sigma = E * \epsilon \quad (18)$$

$$Moment = \frac{\sigma * 10^9 * DMS_Igz}{DMS_Ymax} \quad (19)$$

Der Berechnete Moment ist die Konvertierte Werte der DMS und mit diesen Werten ,könnte das Graph erstellt werden. Alle diese Berechnungen werden in PHP gemacht, weil Arduino nicht in der Lage ist, alle diese Berechnungen zu machen.

Die Abbildung 23 zeigt das Organigramm, das die Arbeit von PHP erklärt

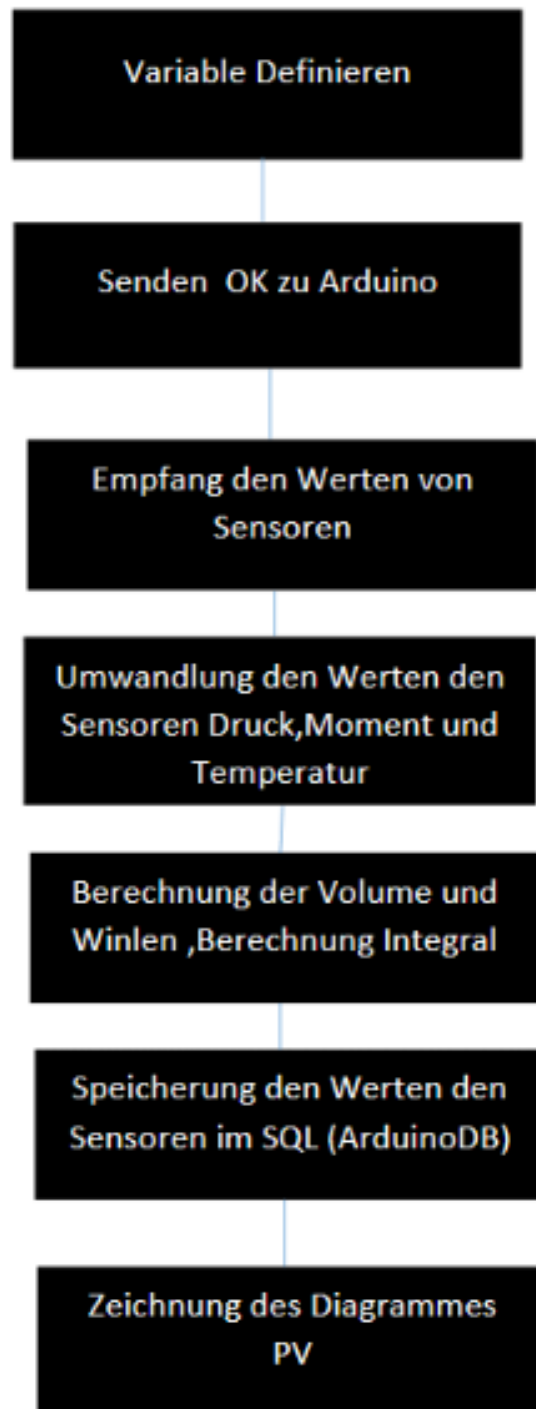
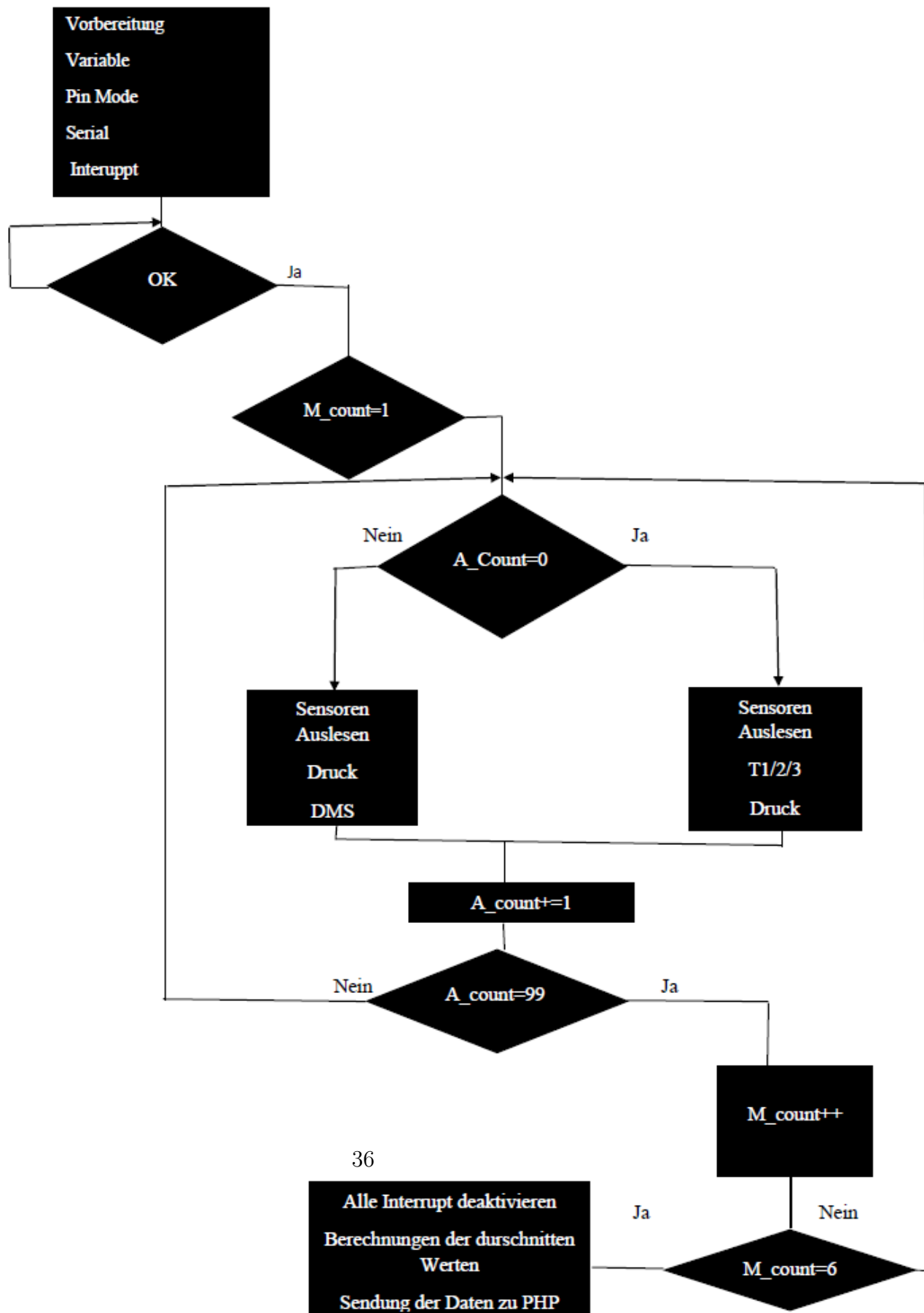


Abbildung 22: Organigramm PHP



Abbildungsverzeichnis

1	Aufbau eines typischen Kompressors	5
2	Ansaugen	6
3	Verdichten	6
4	Optischer Encoder mit optischen Sensor und einer optischen Scheibe zur Winkelmessung[3]	8
5	Schaltung des Encoders	9
6	Blockschaltbild[4]	10
7	Anschlußbelegung[4]	11
8	Typische Pt100-Applikation[5]	12
9	Platin-Dünnschichttechnik[5]	12
10	Drahtwickelte-Widerstand[5]	13
11	Schema der Aufbau von TP100	13
12	DY Doppel-DMS[32]	14
13	Wheatestone-Brücke mit DMS[33]	15
14	Schaltung der Dehnmessstreifen	16
15	PV Diagramm[36]	17
16	Mechatronisches System[12]	19
17	Internet der Dinge[16]	20
18	Arduino Uno (eigene Darstellung)	24
19	Arduino Mega 2560 Eigene Abbildung in Anlehnung mit[21] .	25
20	Beispiel einer relationalen Datenbank[29]	29
21	Sendung der Character A in Serial Communication[40]	30
22	Organigramm PHP	35
23	Organigramm Arduino	36

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

IOT Internet of Things

DMS Dehnmessstreifen

VDMA Verband Deutscher Maschinen-und Anlagenbau

ZVEI Zentralverband Elektrotechnik-und Elektronikindustrie

CPS Cyber-physische Systeme

RFID Radio-Frequency identification

Wlan Wireless Local Area Network

IDE Integrated Development environment

EEPROM electrically erasable programmable read-only memory

SRAM Static random-access memory

ASP Active server Pages

JSP Java server Pages

SQL Structured Query Language

RS-232 Recommended Standard

ASCII American Standard Code for Information Interchange

bps bite pro Sekunde

Literatur

- [1] J.Ravling, WFB Wirtschaftsförderung (2018), Die definition von Digitalisierung <https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/digitalisierung-industrie40/was-ist-industrie-40-eine-kurze-erklaerung> Abgerufen am 21.04.2019
- [2] Kompressor.One, Funktionsweise Kolbenkompressor, <http://www.kompressor.one/07-seiten/5140-kolbenkompressor.php>? Abgerufen am 21.04.2019
- [3] M.Howard, Technisches Whitepaper, Resolver und Encoder im Vergleich, <https://www.zettlex.com/wp-content/uploads/2014/09/Resolver-und-Encoder-Rev-2.0-DE.pdf> Abgerufen am 22.04.2019
- [4] M.K.Juchhen, Druckmeßumformer Typ 4AP-30, file:///tmp/mozilla_malab0/t40.4353d.pdf, Abgerufen AM 25.04.2019
- [5] Omega, Pt100 Temperaturfühler, <https://www.omega.de/prodinfo/widerstandsfuehler-baugruppen.html>, Abgerufen am 26.04.2019
- [6] P, Hoarau, Le Codeur optique Incremental, http://snmaicpc.chez.com/pdf_zip/MAI2/cours/Codeur_incremental.pdf Abgerufen am 22.04.2019
- [7] Instrumentation CIRA, Capteurs et Transmetteurs (2007), [http://gatt.fr/CIRA/Cours/Instrum/CIRA1% 20-% 202\)% 20Capteurs.pdf](http://gatt.fr/CIRA/Cours/Instrum/CIRA1%20-%202)%20Capteurs.pdf), Abgerufen am 25.04.2019
- [8] Doeler Mesures, Capteur DE Pression (2012), <https://www.dmesures.fr/fr/produits/pression-fr.html>, Abgerufen am 25.04.2019
- [9] BMBF, Zukunftsprojekt Industrie 4.0, <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>, Abgerufen am 12.05.2019
- [10] BMWi, Digitalisierung der Industrie –Die Plattform Industrie 4.0, <https://www.aisec.fraunhofer.de/content/dam/aisec/Dokumente/Publikationen/Sonstige/digitalisierung>, Abgerufen am 12.05.2019
- [11] T, Bauernhaus; M, ten Hompel; B, Vogel-Heuser, Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik(2014), Springer Verlag, ISBN 978-3-658-04681-1,(S.544)

- [12] VDI 2206, Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme, (2004), (S.14)
- [13] M, Broy, Cyber-Physical Systems, (2010), Springer Verlag, ISBN 978-3-642-14498-1, (S.21)
- [14] S, Luber, Was ist ein Cyber-physisches System, (2017), <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-cyber-physisches-system-cps-a-668494/>, Abgerufen am 12.05.2019
- [15] F, Sprenger; C, Engemann, Internet der Dinge, (2015), Transcript Verlag, ISBN 9783837630466, (S.178-179)
- [16] H, Esseling, Braucht mein Unternehmen ein Dokumentenmanagement-System?, <https://www.hagel-it.de/it-dienstleistungen/checkliste-braucht-mein-unternehmen-ein-dokumentenmanagement-system-dms.html>, Abgerufen am 13.05.2019
- [17] D, Uckelmann; M,Harrison;F,Michahelles, An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things, Springer Verlag, (2011)
- [18] I, Köhler, Einführung in Ad Hoc und Sensoren-Netzwerke, (2006), Freie Universität Berlin
- [19] M, Schmidt, Arduino: Ein schneller Einstieg in die Microcontroller-Entwicklung, dpunkt Verlag, (2015), ISBN 978-3-86490-126-3, (S.4-5)
- [20] D, Kushner, The Making of Arduino (2011), <https://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/the-making-of-arduino>, Abgerufen am 20.05.2019
- [21] Arduino, What is Arduino? (2019), <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>, Abgerufen am 20.05.2019
- [22] J.M.Huges, Arduino:A Technical Reference (2016), O'Reilly UK Ltd, ISBN 9781491921760, (S.31-33)
- [23] Atmel Corporation, atMEGA328p (2015), (S.7), http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf, Abgerufen Am 20.05.2019
- [24] Arduino Mega 2560, <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>, Abgerufen am 21.05.2019
- [25] PHP, SPC TEIA Lehrbuch Verlag (2002), ISBN 9783935539517, (S.11)

- [26] The PHP Group, Was kann PHP?, <https://www.php.net/manual/de/intro-whatcando.php>, Abgerufen am 25.05.2019
- [27] Deluxe Marketing, PHP Programmierung (2017), <https://deluxe-marketing.com/php-programmierung/> Abgerufen am 26.05.2019
- [28] W.J.Gilmone, PHP professionell (2001), Galileo Press GmbH,ISBN 3898421597, (S.281-283;285-286)
- [29] Selfhort, <http://ip-klaeden.selfhost.eu/webseiten/accesskurs/dbms4.gif>, Abgerufen, am 27.05.2019
- [30] M.Kofler, MYSQL: Einführung, Programmierung, Referenz(2003), Addison- Wesley Verlag, ISBN3827320461, (S.399)
- [31] IT Wissen, Dehnungsmessstreifen-DMS (2014),<https://www.itwissen.info/Dehnungsmessstreifen-DMS-strain-gauge.html>, Abgerufen am 11.06.2019
- [32] HBM, DY-Dehnungsmessstreifen,<https://www.hbm.com/de/3427/dy-doppel-dehnungsmessstreifen-mit-2-messgittern/>, Abgerufen am 11.06.2019
- [33] G.Schnell, Sensoren in der Automatisierungstechnik(1991),Vieweg Verlag, ISBN 3528033703, (S,153)
- [34] Instructables, Taking Negative Analog, https://www.instructables.com/id/Taking-Negative-Analog-Input-in-Arduino-or-Any-Oth/?fbclid=IwAR019vjJG3NjnDNWt8kBS9GVQTV55tGO4_kdqHUz67RMVI_McZnE0xWN8Uk, Abgerufen am 10.07.2019
- [35] D,Labuhn; O,Romberg, Keine Panik vor Thermodynamik(2006), Vieweg Verlag, ISBN9783834801807,(S.153-154)
- [36] Wärmepumpe und Kältemaschine, <http://www.peterjunglas.de/fh/vorlesungen/thermodynamik1/html/kap3-5-5.html>, Abgerufen am 12.07.2019
- [37] Maschinenbau-Wissen.de,Druckluft-Verdichter / Kompressor-Funktion und Bauarten, <http://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/komponenten/358-verdichter>, Abgerufen am 24.07.2019

- [38] R.Morschhauser, Nachteile von PHP, http://www.mathematik.uni-ulm.de/sai/ws01/portalsem/rene/internetportale/node27.html?fbclid=IwhAR3RYA1aM1M-fKVhtJ2xjSP9keXfzebuWSqUzFNfFmP_EjVMGljZuOHE, Abgerufen am 27.07.2019
- [39] Kompressor.One, Kompressor Vergleichswerte & Kennzahlen, <http://www.kompressor.one/07-seiten/4130-kennwerte.php>, Abgerufen am 29.07.2019
- [40] D.Ibrahim, Advanced Pic Microcontroller Projects im C 2008, ElsevierLtd-Verlag, ISBN9780750686112, (S-199)