



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Landeswettbewerb Jugend forscht

## SACHSEN-ANHALT



### **Druckluft - „Die Luft, die die Industrie atmen lässt“**

Niklas Knöfel  
Lea Schade  
Robert Kather

**Schule:**

Wolterstorff-Gymnasium  
Ballenstedt

# Jugend forscht

## Dokumentation Forschungsprojekt:

### Druckluft - „Die Luft, die die Industrie atmen lässt“

#### Teilnehmer:

*Niklas Knöfel*

*Lea Schade*

*Robert Kather*

#### Betreuer:

*Frank Wenzel*

*Katrin Gießel*

#### schulisch-betriebliche Kooperation:

*Wolterstorff – Gymnasium Ballenstedt*

*TRIMET Automotive Holding GmbH*

## **Kurzfassung**

Druckluft ist aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeit und der dabei herauskristallisierten Fähigkeiten wie Lastübertragung, Präzision und Geschwindigkeit ein bedeutender Energieträger in der Industrie. Die Herstellung von Druckluft ist jedoch kostenintensiv und in der alltäglichen Praxis können beispielsweise durch Leckagen hohe Verlustkosten entstehen.

Aber in welchem Rahmen bewegen sich diese Kosten genau? Aus dieser Frage entstand die Idee für das Forschungsprojekt „Druckluft – die Luft, die die Industrie atmen lässt“, welches in einer betrieblich-schulischen Kooperation von der TRIMET Automotive Holding GmbH und dem Wolterstorff-Gymnasium Ballenstedt durchgeführt wurde. Der Gegenstand des Projektes ist ein Exponat, welches ausgestattet mit einem Kompressor, Rohren mit Leckagen, einem Prüfstand und einem Bildschirm Druckluftverluste messen, auswerten und visualisieren kann. Dank diesem Exponat soll ein Problembewusstsein für den Einsatz von Druckluft geschaffen werden. Vor diesem Hintergrund soll es für Anschauungs- und Unterweisungszwecke genutzt werden.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Vorgehensweise	2 - 3
3. Grundinformationen	
3.1 Was ist Druckluft?	4
3.2 Erzeugung der Druckluft/ Prozesskette am Beispiel Trimet	4 - 5
3.3 Entstehende Gefahren und Schäden	5
4. Das Exponat	
4.1 Allgemeines	6
4.2 Bau	7
4.3 Programm	8 - 9
4.4 Funktionsweise	10
5. Nachwort	
5.1 Ergebnis	11
5.2 Handlungsempfehlung	11
5.3 Zukunft des Projektes	12
6. Quellenverzeichnis	
6.1 Internetquellen	13
6.2 Literaturquellen	13
6.3 Bildquellen	13

# 1. Einleitung

Komprimierte Luft ist eine Form der Speicherung von Energie, die durch ihre Fähigkeit zur Kraft, Präzision und Geschwindigkeit ein großes Anwendungsspektrum bietet. Druckluft gilt als bedeutender Energieträger in der Industrie und wird weltweit von ca. 90% der produzierenden Unternehmen in unterschiedlicher Art und Weise in verschiedenen Produktionsprozessen genutzt<sup>1</sup>. Die TRIMET Automotive Holding GmbH nutzt die Vorteile von Druckluft zum Beispiel zum Schalten von Schutzeinrichtungen und zum Ausblasen von Gieß- beziehungsweise Schnittwerkzeugen.

Wird mit komprimierter Luft jedoch unachtsam gearbeitet, birgt sie verschiedene Risiken. So kann das Nichteinhalten der Vorschriften des Arbeitsschutzes, Gesundheitsschäden verursachen. Beispielsweise kann der von Kompressoren oder von pneumatisch gesteuerten Werkzeugen erzeugte Lärm das Hörvermögen des Menschen beeinträchtigen. Aber auch ungenügende Kontrollen an Druckluft führenden Rohrsystemen oder pneumatischen Anlagenteilen verstärken das Risiko, dass Leckagen unbemerkt bleiben. Für ein Industrieunternehmen können diese dann zu hohen Kosten wie zum Beispiel zu einer Summe von 50 bis 80 Tausend Euro führen. Diese entsteht bei lediglich einer einzelnen 3 mm Leckage, wenn das Unternehmen ähnliche Konditionen wie TRIMET erfüllt. Begründet werden diese erheblichen wirtschaftlichen Verluste mit der sehr energieaufwändigen und somit kostenintensiven Herstellung der Druckluft. Komprimierte Luft entsteht durch das Verdichten von Umgebungsluft in Kompressoren, welche einen hohen Stromverbrauch haben. Der Energieaufwand meint also die elektrische Energie, die der Kompressor in Betrieb verbraucht.

In der gegenwärtigen Zeit verlieren industrielle Unternehmen zwischen 15% und 60% der erzeugten Druckluft über Leckagen, wie es das Merkblatt „Energieeffiziente Druckluftsysteme“ der IHK Projekte Hannover GmbH bestätigt<sup>2</sup>.

Auf diese enormen Werte wurden wir, Niklas Knöfel, Robert Kather und Lea Schade während unserer Nachforschungen zu unserem Projekt „Druckluft – die Luft, die die Industrie atmen lässt“ aufmerksam. Kernstück dieses Projektes war die Erstellung eines Exponates, welches Druckluftverluste messen und visualisieren kann und zusätzlich den dabei entstehenden Schall misst. Mithilfe dieser Prüfstation soll ein Problembewusstsein für den Einsatz des teuren Energieträgers Druckluft geschaffen werden und vor diesem Hintergrund soll es für Anschauungs- und Unterweisungszwecke genutzt werden können.

Das besondere an diesem Forschungsprojekt ist, dass es in schulisch- betrieblicher Kooperation des Wolterstorff-Gymnasiums Ballenstedt und der TRIMET Automotive Holding GmbH durchgeführt wurde. Die Kooperation wurde durch das Engagement des Ausbilders bei der TRIMET ,Frank Wenzel, und der Lehrerin am Wolterstorff-Gymnasium ,Katrin Gießel, ermöglicht.

Das Projekt verbindet viele verschiedene Themenbereiche miteinander. Diese umfassen die Kernpunkte Wirtschaftlichkeit, Arbeitssicherheit, Ingenieurwissen, technisches Wissen und Wissen über elektronische Komponenten.

---

1 Vgl. Frank Wenzel, 2017

2 Vgl. IHK Projekte Hannover GmbH, „Energieeffiziente Druckluftsysteme“

## 2. Vorgehensweise

Bereits im Jahr 2016 entstand die Idee, ein betrieblich-schulisches Forschungsprojekt durch die Kooperation von der TRIMET Automotive Holding GmbH und dem Wolterstorff-Gymnasium Ballenstedt ins Leben zu rufen. Diese wurde dann durch das Engagement von Frank Wenzel, einem Ausbilder bei der TRIMET Automotive Holding GmbH und von Katrin Gießel, einer Lehrerin am Wolterstorff-Gymnasium Ballenstedt ermöglicht. An diesem besonderen Vorhaben interessiert fanden wir, Niklas Knöfel, Robert Kather (Auszubildene bei TRIMET) und Lea Schade (Schülerin am Wolterstorff-Gymnasium), uns bereits im Dezember 2016 zusammen. Mit dem Einfall Frank Wenzels Druckluft als Thema zu bearbeiten, zeigten wir uns einverstanden. Zusätzlich setzten wir uns noch das Ziel an der neuen Wettbewerbsrunde von Jugend forscht ,mit dem Start im Juli 2017, teilzunehmen. Nach dieser Entscheidung begannen wir Ideen zu sammeln und Vorschläge zu machen, wie ein solches Projekt aussehen könnte. Dazu mussten wir natürlich auch das Thema der Druckluft genauer bearbeiten und verschiedenste Aspekte betrachten. Diese Zeit der Ideensammlung ist nicht nur reibungslos verlaufen, da jeder verschiedene Meinungen hatte. Aber nach einiger Zeit fanden wir doch einen Konsens. Wir kamen auf den Entschluss, Druckluft in Hinsicht auf die zusätzlich entstehenden Kosten bei Verlust durch Leckagen zu untersuchen. Auf diesen Aspekt wurden wir durch die TRIMET Automotive Holding GmbH aufmerksam. Nach Nachfragen im Betrieb selber haben wir erfahren, dass dort zur Druckluftherstellung dreizehn Kompressoren genutzt werden und von diesen ausgehend eine Ringleitung das ganze Werk mit Druckluft versorgt. Da es sich bei TRIMET um ein Gießereiunternehmen handelt, kann es schnell passieren, dass beispielsweise flüssiges und somit heißes Aluminium aus einer Anlage herauströpfelt oder, dass Metallspäne fliegen und dann einen Teil dieser Leitung beschädigen könnten. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit vorhandener Leckagen im System. Aber auch ein poröser Schlauch oder verschlissene Dichtungen sind Beispiele für Leckagen. Allgemein lässt sich sagen, dass 15% bis 60% der erzeugten Druckluft über solche Beschädigung verloren gehen<sup>3</sup>. Beachtet man nun, dass das Komprimieren der Luft sehr energieaufwändig ist, wird deutlich, dass ein Industrieunternehmen darüber sehr große Verluste machen könnte. Als Exempel haben wir berechnet, dass TRIMET jährlich bei einer einzigen 3mm großen Leckage 50 bis 80 Tausend Euro verlieren könnte. Zusätzlich fiel uns bei Rundgängen durch die TRIMET auf, dass es in den Produktionshallen vorgeschrieben ist, einen Gehörschutz zu tragen. Ab einem Schalldruckpegel von 85 dB (A) ist es nämlich gesetzlich durch die Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung festgelegt, dass ein Gehörschutz getragen werden muss. Daraufhin beabsichtigten wir den von Leckagen verursachten Lärm mit in unser Projekt einzubeziehen. Auf Grundlage dieser Überlegungen kamen wir zu dem Entschluss eine Prüfstation zu entwickeln, welche Druckluftverluste und den dabei entstehenden Lärm messen und visualisieren kann. Daraufhin begannen wir mit der Planungsphase, in welcher der erste Schritt war eine Zeichnung am PC zu erstellen, um ein dreidimensionales Bild der Prüfstation (Abb. 1) zu erhalten. Diese fertigten wir mit der Software Autocad Mechanical an. Als nächster Schritt stand sowohl die Erstellung eines Plans zur technischen Umsetzung, als auch das Recherchieren zu geeigneten Produkten an. Um die richtigen Bauteile auszuwählen, wurden unsere Recherchen sowohl im Betrieb, als auch bei Infoständen auf Messen ( Beispiel) und in verschiedenen Foren durchgeführt. Zusätzlich mussten wir Berechnungen anfertigen, um z.B. Leitungsquerschnitte der zu verbauenden Rohrleitungen zu ermitteln.

---

3 Vgl. IHK Projekte Hannover GmbH, „Energieeffiziente Druckluftsysteme“

Nachdem dies feststand, kontaktierten wir die Vertreter dieser Produkte und baten um Angebote, um einen finanziellen Überblick zu bekommen. Dann konnte ein Antrag auf Kostenübernahme an den Betrieb gestellt werden. Anschließend wurden die Bestellungen ausgelöst.

Zeitgleich begannen wir mithilfe der Software „TIA Portal“ von Siemens, das Programm zur Steuerung der Anlage zu erstellen. In den Programmiersprachen FUP und SCL wurden die nötigen Verknüpfungen realisiert. Nach der Lieferung aller bestellten Artikel konnten wir den Prüfstand zusammen bauen. Weitere Informationen zum Bau finden Sie unter „4.2 Bau“.



Abb. 1: 3D Zeichnung der Prüfstation

## 3. Grundinformationen

### 3.1 Was ist Druckluft?

Druckluft ist komprimierte, also verdichtete Luft der Atmosphäre. Atmosphärische Luft besteht zu 78% aus Stickstoff, zu 21% aus Sauerstoff und zu 1% aus anderen Gasen (Abb. 2). Zusätzlich in ihr enthalten ist Wasserdampf, dessen Menge jedoch von der Temperatur und geographischen Bedingungen abhängig ist. Daher wird der Wasseranteil der Luft getrennt von den anderen Bestandteilen angegeben<sup>4</sup>.

Druckluft hat ein dauerhaftes Bestreben, sich wieder auf Umgebungsdruck zu entspannen und leistet bei diesem Expansionsprozess Arbeit ( $[W] = 1J$ ). Bei der Komprimierung der atmosphärischen Luft entsteht Wärme, die in Form von Wärmeenergie ( $[Q]=1J$ ) abgegeben wird.<sup>5</sup> Allerdings enthält komprimierte Luft feste und flüssige Verunreinigungen, wie Abrieb, Staub, Kondensat und Restölgehalte, welche bei Nutzung das Druckluftsystem, die Druckluftverbraucher und die mit der Druckluft in Berührung kommenden verschmutzen und schädigen würde. Aus diesem Grund ist eine Druckluftaufbereitung, bei welcher die Luft je nach Verfahren von verschiedenen Verunreinigungen befreit wird von Nöten<sup>6</sup>.

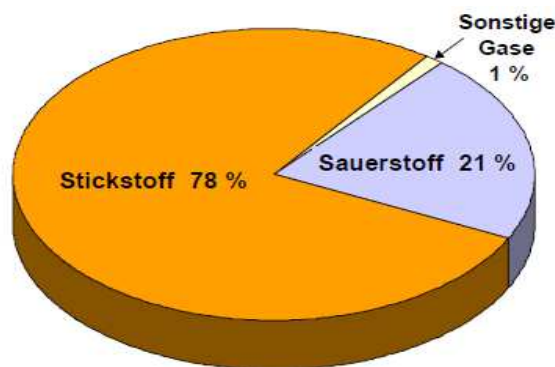


Abb. 2: Zusammensetzung trockener atmosphärischer Luft

### 3.2 Erzeugung der Druckluft/ Prozesskette am Beispiel Trimet

Zur Drucklufterzeugung werden Kompressoren genutzt. Diese gibt es je nach benötigter Fördermenge oder benötigtem Druck der komprimierten Luft in mehreren Variationen. So eignet sich zum Beispiel für einen hohen Ausgangsdruck mit niedriger Fördermenge ein sogenannter Hubkolbenverdichter und für einen eher niedrigen Ausgangsdruck mit hoher Fördermenge ein Schraubenverdichter<sup>7</sup>. Auch wenn die erforderliche Druckluft für den Betrieb verschiedener Pneumatik-Systeme variiert, so arbeiten alle Kompressoren nach einem ähnlichen Prinzip. Ist der Kompressor in Betrieb, so werden Hubkolben oder Verdichterschrauben (je nach Art des Kompressors) von einem elektrisch angetriebenen Motor in Bewegung versetzt. Durch diese mechanische Bewegung kann die Umgebungsluft oder atmosphärische Luft durch Ansaug- und Ablassventile in das Pneumatik-System aufgenommen und komprimiert werden. Daraufhin kann die komprimierte Luft in ein Druckluftrohrnetz oder in einen Druckluftspeicher eingespeist werden.<sup>8</sup>

- 4 -

4 Vgl. Fraunhofer Institut, Druckluft Effizient, „Grundlagen Thermodynamik“

5 Vgl. Jürgen Hütter, 2006, Das Druckluft-Kompodium, Kapitel 1

6 Vgl. FST GmbH Filtrations-Separations-Technik, „Wissenswertes über Druckluft“

7 Vgl. Markus Sebastian Agerer, [www.maschinenbau-wissen.de](http://www.maschinenbau-wissen.de), „Arten von Verdichtern“

8 Vgl. Markus Sebastian Agerer, [www.maschinenbau-wissen.de](http://www.maschinenbau-wissen.de), „Druckluft-Drucklufterzeugung“



Die mit diesem Projekt kooperierende TRIMET Automotive Holding GmbH, mit dem Standort in Harzgerode, erzeugt die für den eigenen Betrieb nötige Druckluft selbst und vor Ort. Dafür befinden sich 13 Schraubenkompressoren des Herstellers Atlas Copco an drei Standorten auf dem Firmengelände verteilt. Diese sind durch eine Ringleitung miteinander verbunden, was es ermöglicht, dass nicht immer alle 13 Kompressoren in Betrieb sein müssen, aber mindestens ein oder zwei als Reserve laufen. Zusätzlich befinden sich große Druckluftspeicher bei den Kompressoren, die mögliche Schwankungen im Netz ausgleichen. Desweiteren ist jede der sich auf dem Firmengelände befindenden Hallen an die Ringleitung angeschlossen und birgt in sich auch nochmals eine Ringleitung, damit die erzeugte Druckluft überall da, wo sie benötigt wird, zur Verfügung steht.

### 3.3 Entstehende Gefahren & Schäden

Komprimierte Luft kann bei unbedachtem Umgang verschiedene verheerende gesundheitliche Schäden zur Folge haben. Unter Umständen kann jeder direkte Kontakt mit Druckluft zu schweren Krankheiten und sogar zum Tod führen. Diese Verletzungsgefahren haben ihren Ursprung darin, dass der stark verdichtete Luftstrom mit hohem Druck und hoher Geschwindigkeit austritt<sup>9</sup>.

Zum Beispiel kann ein Druckluftstrahl schwere Verletzungen hervorrufen, wenn er gegen die Augen gerichtet wird, da der Augapfel schon bei 820 mbar aus seiner Höhle gesprengt werden kann. Tritt ein Druckluftstrahl in den Mund ein, so können Speiseröhre, Magen und Lunge schwer verletzt werden. Gerät komprimierte Luft unter die Haut, können durch in der Druckluft enthaltene Verunreinigungen Infektionen entstehen. Trifft ein Druckluftstrahl den Gehörgang, so können schwere Schäden entstehen, die sogar zum Hörverlust führen können. Weiterhin gibt es noch viele verschiedene Möglichkeiten, wie der direkte Kontakt mit Druckluft die Gesundheit des damit umgehenden Menschen gefährden kann<sup>10</sup>.

Jedoch ist zu erwähnen, dass auch der indirekte Kontakt Risiken birgt. Ein solches Risiko ist zum Beispiel der bei dem Austritt der Druckluft entstehende Lärm, welcher das Hörvermögen nachhaltig schädigen kann<sup>11</sup>.

Lärm bezeichnet den als negativ erlebten Schall, welcher sich eben negativ auf die Gesundheit, auf die Leistungsfähigkeit und auch auf das Risiko von Unfällen bei der Arbeit auswirkt. In Hinsicht auf die Gesundheit unterscheidet man zwischen extraauralen und auralen Wirkungen. Dabei meint „extraaural“ Gesundheitsstörungen, die schon bei einem niedrigem Schalldruckpegel entstehen, wie z.B. Unwohlsein, Bluthochdruck und auch Schlafstörungen. „Aural“ wiederum meint Gesundheitsgefahren, die bei langandauernder Exposition gegenüber eines hohen Schalldruckpegels auftreten. Zu diesen auralen Gesundheitsgefahren zählt zum Beispiel die Möglichkeit der irreversiblen Schädigung des Hörvermögens. Auch die menschliche Leistungsfähigkeit wird durch Lärm gemindert, da er Konzentrationseinschränkungen und Kommunikationsstörungen verursachen kann<sup>12</sup>.

---

9 Vgl. Silvent Headquarters, [www.silvent.com](http://www.silvent.com), „Gefahren beim Blasen mit Druckluft“

10 Vgl. ebd.

11 Vgl. ebd.

12 Vgl. kein Autor, 2013, Teilnehmerunterlagen, Lerneinheit P05:Schall

## 4. Das Exponat

### 4.1 Allgemeines

Mit dem Projekt „Druckluft – die Luft, die die Industrie atmen lässt“ sollte ein Exponat einhergehen, welches als eine Art Prüfstation funktioniert (Abb. 3). So sollte das Exponat Verlustwerte durch Leckagen messen und visualisieren können und gleichzeitig den mit einhergehenden Lärm messen können. Dafür ist die Prüfstation ausgestattet mit einem Kompressor zur Druckluftherstellung, Rohrleitungen mit Löchern, welche Leckagen simulieren sollen und einem Bildschirm, welcher die gemessenen und ausgewerteten Werte anzeigt. Auch der durch die Leckagen entstehende Schall wird über ein Mikrofon gemessen und auf dem Bildschirm ausgegeben. Zur zusätzlichen Verbildlichung der Thematik Druckluft sind eine Druckluftpistole und ein defekter Pneumatikzylinder angebracht.

Dank dieser Prüfstation soll ein Problembewusstsein zum unbedachten Umgang mit Druckluft geweckt werden.

Außerdem wird diese zu Anschauungs- und Unterweisungszwecken genutzt werden.

Das gesamte Exponat wurde auf Grundlage von selbsterstellten Entwürfen und Plänen konzipiert und umgesetzt.

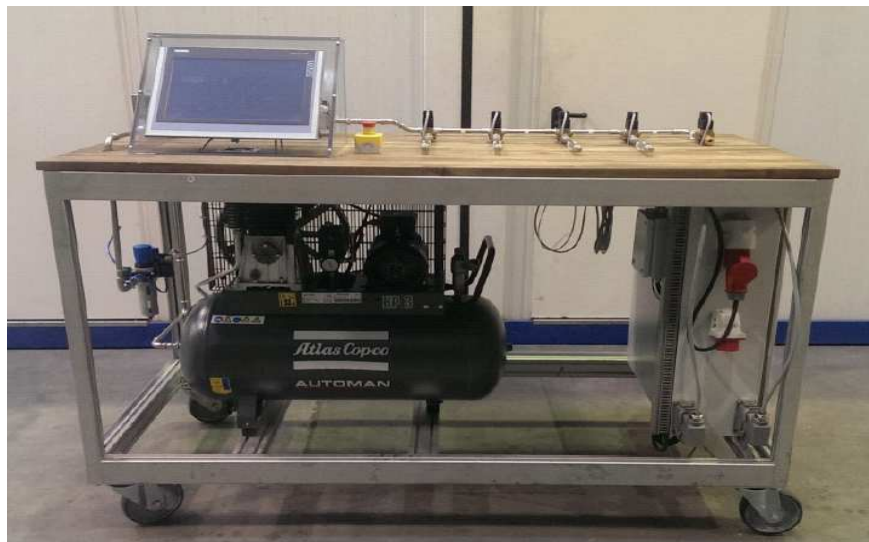


Abb. 3: fertiges Exponat

## 4.2 Bau

Die Prüfstation haben wir in der Azubi-Werkstatt der TRIMET gebaut. Als Erstes galt es, die Tischkonstruktion fertigzustellen, um alle weiteren Bauteile daran zu befestigen. Dafür schnitten wir Aluprofile mithilfe einer Kapp- und Gehrungssäge zu, und bauten sie zur Tischkonstruktion zusammen. Anschließend haben wir Räder, die für die Mobilität der Konstruktion sorgen angebracht. Somit kann die Prüfstation nach Vollendung vor Ort messen und visualisieren. Zur zusätzlichen Stabilität und aus optischen Gründen legten wir eine Holzplatte auf.

Bei der Herstellung des Schaltschranks (Abb. 4) wurden die dafür benötigten Komponenten auf Hutschienen montiert und miteinander verdrahtet. Von außen haben wir ein Leitungsmessgerät, ein CEE-Gerätestecker, eine CEE-Steckdose und Hartingsteckdosen montiert, da viele der Bauteile elektrischen Strom für ihre Funktionalität benötigen. Als Nächstes stellten wir eine Bildschirmeinfassung aus Plexiglas mithilfe einer CNC-Fräsmaschine her. Außerdem haben wir mit Kommunikationsleitungen wie Profinet ein Datenaustausch zwischen dem Display-SPS- und dem Leistungsmessgerät geschaffen. Daraufhin konnten wir den Schaltschrank anbauen und den Kolbenkompressor montieren. Danach haben wir das Rohrsystem mit den Pneumatikventilen und dem Durchflusssensor auf der Tischplatte angebracht. Zum Abschluss wurden das Programm und die Benutzeroberfläche übertragen.

Nach weiteren Ideen zur Verbesserung der Prüfstation, brachten wir eine Druckluftpistole und ein defekter Pneumatikzylinder an. Beide sollen für den Betrachter zum besseren Verständnis der Thematik rund um Druckluft dienen.

Die einzelnen Bestandteile des Exponats wurden bei verschiedenen namenhaften Firmen bestellt. Die Aluminium-Profile für das Tischgerüst wurden bei "Item", einem Hersteller für Baukastensysteme, bezogen. Sowohl die Steuerung (S7 1516-3 PN/DP), als auch der Touchbildschirm (Siemens HMI TP1500 Comfort) wurden bei "Christiani", einem Anbieter für Lehrmittel, bestellt. Die pneumatischen Bauteile wie Prozess- und Proportionalventile, Druck- und Druckflusssensoren und Wartungseinheit, sind bei "FESTO" angefordert worden. Der Kompressor wurde großzügigerweise von "Dr. Weigel Anlagenbau GmbH" zur Verfügung gestellt. Diese Firma ist für die Installation und Wartung der Kompressoren der TRIMET Automotive Holding GmbH zuständig, weshalb es zu diesem Sponsoring kam. Die restlichen elektrischen Komponenten befanden sich bereits in den Lagerbeständen bei TRIMET.



Abb. 4: verdrahteter Schaltschrank

### 4.3 Programm

Das Programm haben wir in den Programmiersprachen SCL und FUP geschrieben. Der Ablauf des fertigen Programms, kann wie folgt beschrieben werden.

Der angelegte Organisationsbaustein Hauptprogramm (OB1) ruft die verschiedenen Funktionsbausteine (FB) und Funktionen (FC) auf (Abb. 5).

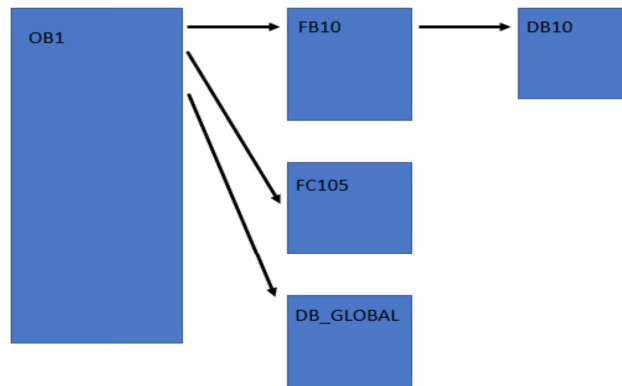


Abb. 5: Übersicht Funktionsweise Programm

In den Unterprogrammen FB\_Luftmessung, FB\_Temperaturmessung, FB\_Lärmmessung und FB\_Druck wird die Spannung, die durch die angeschlossenen Sensoren in die analoge Eingangsbaugruppe eingespeist wird, ausgewertet und skaliert. In der Funktion Ventilansteuerung werden die Ventile, die sich auf dem Tisch befinden, betätigt. Die Funktion beinhaltet eine Softwareverriegelung, d.h. die Ventile können mit Ausnahme des Hauptventils nur einzeln angesteuert werden. Über einen Regler am Touchpanel kann festgelegt werden, wie lange die Ventile angesteuert werden sollen (Abb. 6). Über den Not-Aus-Taster werden alle Ventile sofort abgeschaltet. Das Proportionaldruckregelventil wird ebenfalls über ein Tool am Display gesteuert. Der eingestellte Wert wird in der Funktion Proportional\_Druckventil gelesen und deskaliert. Der Spannungswert wird an der Analogausgangsbaugruppe ausgegeben.

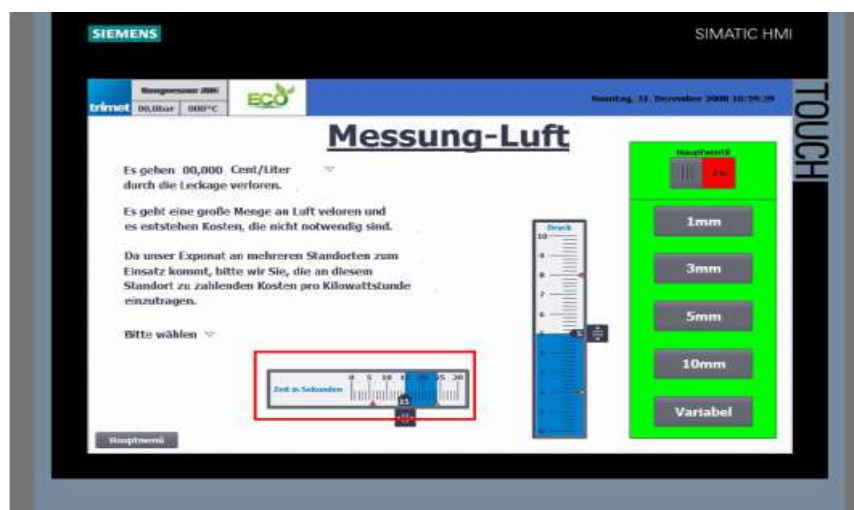


Abb. 6: Bildschirmaufnahme, rote Markierung: Regler zur Dauer der Ansteuerung

Der Kompressor kann in zwei Betriebsarten ein- oder ausgeschaltet werden. Zum Einen "Manuell" über einen Eintaster bzw. Austaster am Bildschirm. In diesem Fall schaltet sich der Kompressor selbstständig bei 10 bar ab. Zum Anderen in der Betriebsart "ECO-Modus"<sup>13</sup>, bei welcher durch einen softwareseitig realisierten Zweipunktregler der Kompressor zwischen regelt 0,5 bar über und 0,5 bar unter dem am Bildschirm eingestellten gewünschten Betriebsdruck (Abb. 7) regelt. Der Kompressor wird ebenfalls bei Betätigen des Not-Aus-Schalters abgestellt. Im FC\_Bitmeldungen werden die Fehlermeldungen, wie z.B. das Auslösen des Not-Aus-Schaltrelais, zugewiesen und am Touchpanel in einem Fehlerspeicher niedergeschrieben. Um eine Verbindung zum Siemens Sentron PAC 3200 über Modbus herzustellen, wird der Systembaustein MB\_CLIENT verwendet. Dieser baut mit Hilfe der programmierten Parameter eine Verbindung auf Abfrage auf.

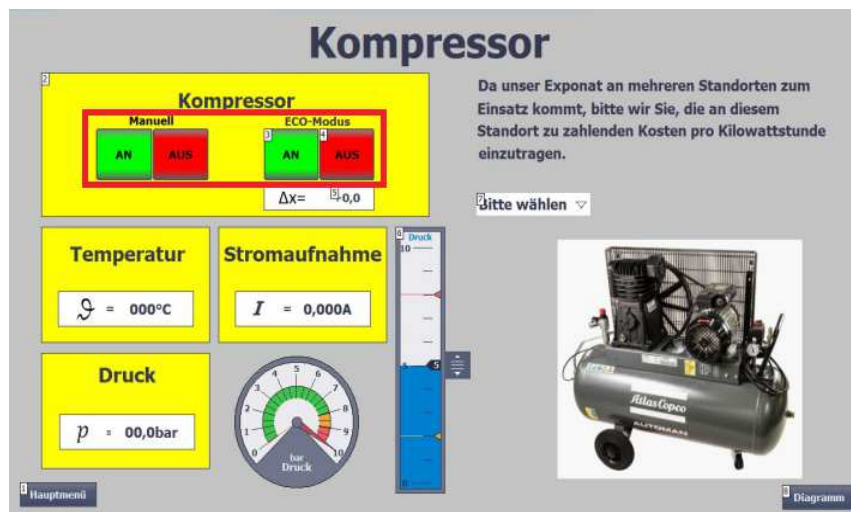


Abb. 7: Bildschirmaufnahme, rote Markierung: Betriebsarten Kompressor

13 Erklärung: „ECO“, weil diese Betriebsart energiesparend und umweltfreundlich ist

## 4.4 Funktionsweise

Die Prüfstation ist aus mehreren Bestandteilen aufgebaut. Die Tischkonstruktion, der Kompressor mit den Verrohrungen und der Schaltschrank bilden den Grundaufbau für die Funktionsfähigkeit des Prüfstandes. Durch die Tischkonstruktion ist der Prüfstand portabel und auch alle anderen Komponenten sind daran montiert. Der verbaute Kolbenkompressor dient der Erzeugung von Druckluft mithilfe von elektrischer Energie. Durch ein Rohrleitungssystem wird die erzeugte Druckluft zu den jeweiligen Abzweigungen, mit eingebohrten Löchern (Abb. 8) geleitet. Diese Einbohrungen dienen der Darstellung realer Leckagen unterschiedlicher Durchmesser. Dank der eingebauten Prozessventile können die einzelnen Abzweigungen separat geschaltet werden. Die Höhe der durch die Leckagen verloren gegangenen Druckluft wird durch einen Druckflusssensor ermittelt, in der Steuerung ausgewertet und auf dem Touchpanel ausgegeben. Dieser Verlust verursacht Kosten, welche durch die Werte des Druckflusssensors, des Leistungsmessgeräts und der vor Ort theoretisch entrichtenden Stromkosten, errechnet werden. Der Kompressor verfügt mit Einbindung der Steuerung über eine Druckregelung, die durch den Touchbildschirm gesteuert wird. Das ermöglicht das Ausschalten des Kompressors bei einem Druck von 0,5 bar über dem eingestellten Wert und das erneute Einschalten des Kompressors bei einem Druck von 0,5 bar unter dem eingestellten Wert. Dieses Verfahren ist auf der Bedienoberfläche als ECO-Modus bezeichnet. Zusätzlich wird der durch die ausströmende Luft entstehende Schalldruckpegel gemessen. Durch eine Meldung auf dem Bildschirm wird veranschaulicht, ab welchem Wert die Lautstärke für das menschliche Ohr gefährlich wird. Die gesamte Steuerung der Prüfstation erfolgt über das Touchpanel.

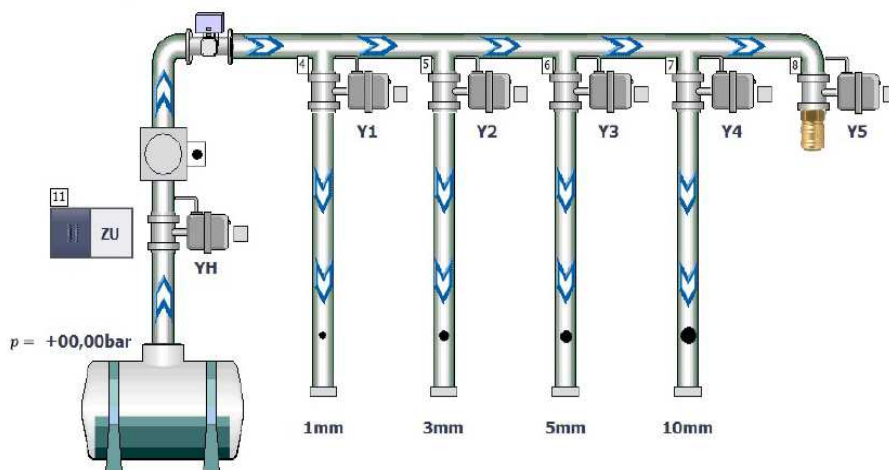


Abb. 8: Rohrleitungssystem mit Abzweigungen und Leckagen

## 5. Nachwort

### 5.1 Ergebnis

Das Forschungsprojekt „Druckluft – die Luft, die die Industrie atmen lässt“ wurde erfolgreich umgesetzt und umfasst am Ende eine Ausgabensumme von ca. 10.000 Euro, welche von TRIMET Automotive Holding GmbH übernommen wurde. Die Prüfstation ermöglicht einen Einblick darüber, wie hoch die Kosten sind, die vor Ort durch den Verlust der Druckluft über die Leckagen entstehen und wie gefährlich der Lärm, der ausströmenden Luft für das menschliche Gehör ist. Die ermittelten Messwerte visualisiert die Prüfstation auf dem Bildschirm und verdeutlicht damit das Problem des unbedachten Einsatzes der Druckluft. Vor diesem Hintergrund kann und wird sie bereits für Anschauungs- und Unterweisungszwecke in der TRIMET Automotive Holding GmbH genutzt.

Das Projekt leistet einen Beitrag zum Nachweis, dass die Druckluft eine sehr kostenintensive Form der Energiespeicherung darstellt, die man nicht verschwenden sollte. Auch die Gefahren für das Gehör der Beschäftigten in Industrie- und Handwerksunternehmen, die in direktem oder indirektem Kontakt mit der Druckluft stehen, konnten nachgewiesen werden.

Das Projekt schafft ein Problembewusstsein zu dem unbedachten Umgang mit Druckluft sodass verständlich werden soll, dass Luft im komprimierten Zustand sehr teuer ist und gesundheitsschädigend wirken kann.

### 5.2 Handlungsempfehlung

Die aus dem Projekt „Druckluft – die Luft, die die Industrie atmen lässt“ entstandene Prüfstation misst und visualisiert leicht verständlich, wie hoch die Kosten des Verlustes von Druckluft unter den vorgegebenen Bedingungen sind. Diese sind die unterschiedlichen Größen der simulierten Leckagen und die unterschiedlichen möglichen Einstellungen zur Höhe des Drucks in den Rohrleitungen. Die Prüfstation ermöglicht über den angebrachten Touchbildschirm eine leichte Bedienung. Jedoch gibt es trotzdem einiges zu beachten. Wie bereits in dieser Dokumentation erwähnt, ist Druckluft zwar eine sehr effektive Energieform aber dennoch ist sie mit Vorsicht zu nutzen.

Aus den Leckagen der Rohrleitungen strömen, je nach Einstellung, Strahle komprimierter Luft mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und mit unterschiedlichem Druck. Diese beiden Größen sind eine Ursache der verschiedenen Verletzungsmöglichkeiten in Zusammenhang mit Druckluft. Zur eigenen Sicherheit sollte also darauf geachtet werden, dass sich beim Auslösen eines Druckluftstrahls niemand in direkter Nähe zu den Leckagen befindet.

Außerdem entsteht sowohl beim Einschalten des Kompressors, als auch beim Austritt des Luftstrahls ein Schalldruckpegel von über 85 dB, weshalb das Tragen von Gehörschutz während des Betriebs der Prüfstation Pflicht ist. Der Auslösewert von 85 dB zum Tragen von Gehörschutz ist in der Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen „Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung“ niedergeschrieben. Die selbige besagt auch, dass ein Arbeitgeber bereits bei einer Geräuschkulisse mit 80 dB Gehörschutz bereitstellen muss. Aus diesem Grund wird auch direkt an der Prüfstation selbst Gehörschutz zu Verfügung gestellt.



### 5.3 Zukunft des Projektes

Mit der Fertigstellung des Exponats sollte es nicht einfach getan sein. So wurden nach Abschluss des Projektes weitere Ideen, für den zukünftigen Nutzen der Prüfstation gesammelt. Aus diesen Überlegungen traten viele verschiedene Möglichkeiten hervor, wobei sich letzten Endes auf folgende Variante geeinigt wurde.

Bei der Prüfstation handelt es sich um eine durchaus erweiterbare Konstruktion. Deshalb soll in der Zukunft ein Zusatzrohr mit Durchflusssensor angebracht werden. Dieses Zusatzrohr wird an beiden Enden mit einer Druckluft-Schnellkupplung ausgestattet. Dank dieser Erweiterung kann dann an das eine Ende des Rohrs eine Leitung der Betriebsinternen

Druckluftversorgung und an das andere Ende ein Maschinenteil angeschlossen werden. Die Prüfstation ist daraufhin in der Lage den Druckluftverbrauch spezifisch für dieses Maschinenteil zu messen.

Nun kommen wir zu dem Hintergedanken dieser Erweiterung.

Jeder Hersteller einer mit Pneumatik arbeitenden oder betriebenen Maschine muss einen geprüften Wert zum Druckluftverbrauch dieser angeben.

Vergleicht man diesen vorgegebenen Wert mit dem tatsächlich gemessenen Wert, so können diese übereinstimmen oder es ergibt sich eine Differenz. Die mögliche Differenz gibt somit den Wert des Druckluftverlustes an.

Durch weitere Programmierarbeiten soll über den Touchpanel der vor Ort gemessene Wert visualisiert, die Angaben vom Hersteller eingegeben und das Ergebnis der beiden Zahlenwerte angegeben werden.

Natürlich soll die Prüfstation auch in diesem Schritt noch in der Lage sein, die Zahlen in konkrete Geldwerte umzurechnen und auf dem Bildschirm auszugeben.

Am Ende soll durch diese erweiternden Arbeiten eine modifizierte Prüfstation entstehen, die nicht allein für Anschauungs- und Unterweisungszwecke genutzt werden kann, sondern mit der vor Ort in verschiedenen Betrieben auf Druckluftverluste getestet und hingewiesen werden kann.

Dadurch können diese Betriebe oder Firmen die Ursachen der Verluste von komprimierter Luft erkennen und beheben. Dies führt zu enormen Kostenersparnissen für die Betroffenen. Beziehungsweise hören sie auf Geld zu verschwenden.



## 6. Quellenverzeichnis

### 6.1 Internetquellen:

- [https://www.hannover.ihk.de/fileadmin/data/Dokumente/Themen/Energie/Merkblatt\\_Druckluft.pdf](https://www.hannover.ihk.de/fileadmin/data/Dokumente/Themen/Energie/Merkblatt_Druckluft.pdf), IHK Projekte Hannover GmbH, Energieeffiziente Druckluftsysteme, Leckagemessung- ortung und -reduzierung, letzter Zugriff 12.04.2018
- <http://www.drucklufttechnik.de/>, BOGE KOMPRESSOREN Otto Boge GmbH & Co. KG, Grundlagen der Druckluft, 1. & 4., letzter Zugriff 12.04.2018
- <https://www.druckluft-effizient.de/>, Deutsche Energie-Agentur GmbH& Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung& VDMA Fachverband Kompressoren, Druckluft und Vakuumtechnik, Fakten Druckluft, ||Grundlagen Thermodynamik, letzter Zugriff 12.04.2018
- <http://www.drucklufttechnik.de/>, Jürgen Hütter, Onlinekompodium, Kapitel 1, letzter Zugriff 12.04.2018
- <http://www.fstweb.de/Kurz-und-praegnant.169.0.html>,FST GmbH Filtrations-Separations-Technik, Wissenswertes über Druckluft, letzter Zugriff 03.05.2017
- <http://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/pneumatik/239-drucklufterzeugung>, Markus Sebastian Agerer, Druckluft – Drucklufterzeugung, letzter Zugriff 03.06.2017
- [www.laermaroma.de](http://www.laermaroma.de), Andi Zünd, Was ist Schall?, letzter Zugriff 03.05.2017
- <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/arbeitschutz/laerm-und-vibrationen>, die LUBW, Lärm und Vibrationen, Lärm am Arbeitsplatz, letzter Zugriff 04.06.2017
- <http://www.silvent.com/de/wie-koennen-wir-ihnen-helfen/arbeitsumgebung/gefahren-beim-blasen-mit-druckluft/>, Silvent Headquarters, Gefahren beim Blasen mit Druckluft, letzter Zugriff 04.06.2017

### 6.2 Literaturquellen:

- Teilnehmerunterlagen, Lerneinheit P05: Schall, Seite 4-8; 11; 13-14

### 6.3 Bildquellen:

- <https://www.druckluft-effizient.de/downloads/fakten/02-thermodynamik.pdf>,Deutsche Energie-Agentur GmbH& Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung& VDMA Fachverband Kompressoren, Druckluft und Vakuumtechnik, Fakten Druckluft, ||Grundlagen Thermodynamik; zu finden auf: Seite 4; 3.1.1 Was ist Druckluft?
- Alle weiteren Fotografien und Bilddateien sind Eigenaufnahmen und sind Ursprung des Forschungsprojekts „Druckluft – die Luft, die die Industrie atmen lässt“.

