

# Messungen des pH-Wertes und der Trübung von Kaffee in Abhängigkeit verschiedener Parameter

**Projektarbeit Mess- und Regelungstechnik rund  
Um die Kaffeemaschine**



**von**  
**Sebastian Raguseo**  
Matrikel-Nr. 2600191

**und**  
**Markus Pietzonka**  
Matrikel-Nr. 2606008

**Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Ketterl**  
Fakultät Maschinenbau  
HS Regensburg

## Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung.....	2
2. Begriffsdefinitionen und Messverfahren.....	3
2.1. pH-Wert.....	3
2.1.1. Definition.....	3
2.1.2. Messverfahren.....	4
2.2. Trübung.....	4
2.2.1. Definition.....	4
2.2.2. Messverfahren.....	5
3. Auswertung mit Messungen und Diagramme.....	7
3.1. Änderung der Temperatur.....	7
3.2. Intensitätsänderung.....	9
3.3. verschiedene Kaffeesorten.....	11
3.4. Variieren der Kaffeeröstung.....	11
3.5. Kaffeeingangszustand.....	12
3.6. Mahlgrad.....	13
3.7. Unterschiedliches Wasser.....	15
4. Fazit.....	16
5. Quellenverzeichnis.....	17

## 1. Aufgabenstellung:

Zu untersuchen ist, ob der PH-Wert und die Trübung von Kaffee durch verschiedene Parametereinstellungen beeinflusst wird. Zur Verfügung steht uns ein Kaffeefullautomat des Herstellers Bosch-Siemens-Hausgeräte Modell EQ-7 Z-Serie. Der Vorteil dieser Maschine ist, dass sie reproduzierbar Kaffee kocht.

Um eine viel versprechende Aussage über die Messungen zu erhalten, ob der pH-Wert und die Trübung von bestimmten Parametern beim Kaffeebrühen abhängig sind, wurde mit folgenden Variablen gearbeitet:

Unterschiedliche Bohnenarten, verschiedene Röstungen, Variieren des Mahlgrads, Veränderung der Kaffeintensität und Änderung der Brühtemperatur.

Die Variablen wurden zudem in Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe sind Zubereitungsparameter, da diese am Vollautomat einzustellen sind. Dazu zählen die Intensität des Kaffees und die Anzahl an Prozessen. Die nächste Gruppe sind Kaffeeparameter bestehend aus Bohnensorte (Robusta, Arabica), Röstung, Mühle (intern, extern), Mahlgrad und Wasser.

Dabei unterscheiden sie sich darin, dass bei der ersten Gruppe direkt die Zubereitung an der Maschine variiert wird und bei der zweiten allein der Input (Kaffee) variiert.

Um die Trübung festzustellen wurde ein so genanntes Refraktometer zur Verfügung gestellt. Aussagen über den pH-Wert wurden durch ein pH-Wert Messgerät getroffen. Beschreibungen der beiden Messverfahren und alternative Messgeräte können im Abschnitt Definitionen nachgelesen werden.

Um herauszufinden, ob ein Zusammenhang zwischen pH-Wert/Trübung und dem Ändern der genannten Parameter besteht, wurden folgende Fragestellungen untersucht:

- Wie verhält sich der PH-Wert beim Verändern der Zubereitungsparameter? Dabei wurden 3 Messreihen durchgeführt. Jeweils mit konstanten Input, also identischem Kaffeepulver, -menge, -mahlgrad, usw. Geändert wurden pro Messreihe: die Intensität des Kaffees, die Anzahl an Prozessen (nach mehreren Tassen), die Temperatur.
- Wie verhalten sich der PH-Wert und die Trübung bei verschiedenen Wässern? Dabei wurde bei konstanten Kaffeeparametern das Verhalten bei zwei unterschiedlichen Wässern, zum einen herkömmliches Leitungswasser und zum anderen entkalktes Wasser, untersucht.
- Wie verhält sich der PH-Wert beim Verändern der Kaffeeparameter? Dabei wurden bei konstanten Maschineneinstellungen und gleichem Wasser folgende Parameter variiert: Einfluss von Bohnensorten, Röstung, Mühle(intern, extern), Mahlgrad.

Schließlich entstehen 7 Messreihen. Um den Lebensmittelverbrauch möglichst in Grenzen zu halten, aber dennoch möglichst repräsentative Werte zu erhalten, wurden pro angefahrenen Messpunkt 5 Messungen durchgeführt.

## 2. Begriffsdefinitionen und Messverfahren

### 2.1 pH-Wert

#### 2.1.1 Definition

Der pH-Wert stellt ein Maß für den sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung dar. Der Begriff wird aus dem lateinischen hergeleitet und bedeutet „pondus hydrogenii“, also das Gewicht des Wasserstoffs. Die Werteskala des pH-Wertes geht von null bis vierzehn, wobei Lösungen mit einem pH-Wert  $pH < 7$  sauer,  $pH = 7$  neutral und  $pH > 7$  basisch reagieren.

Per chemischer Definition ist der pH-Wert der negative dekadische Logarithmus des Zahlenwertes der molaren Wasserstoffionenaktivität  $a_{H^+}$ :

$$pH = -\log_{10}(a_{H^+}) \text{ bzw.}$$

$$a_{H^+} = 10^{-pH}$$

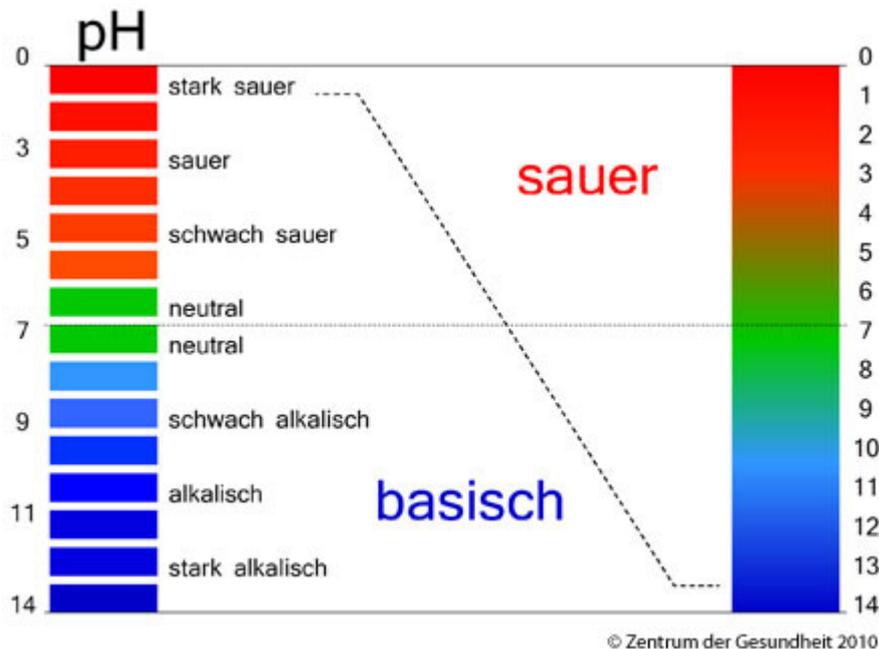


Abbildung 2.1 : pH-Werte

In der Industrie, Medizin, aber auch in der Landwirtschaft oder der Lebensmittelbranche spielt der pH-Wert eine wichtige Rolle. Am häufigsten wird er in wässrigen Lösungen gemessen, allerdings kann er auch in Produkten fester Konsistenz (z.B. Früchten) oder am menschlichen Körper gemessen werden.

## 2.1.2 Messverfahren

Vorraussetzung für eine erfolgreiche Messung ist ein ausreichender Feuchtigkeitsgrad des zu messenden Objekts. Bei Kaffee ist dies selbstverständlich gewährleistet.

Zur Bestimmung des pH-Wertes eines Objekts oder einer Lösung können unterschiedliche Methoden angewandt werden:

- Verwendung von Indikatorpapier: sehr einfach, erfolgt visuell anhand verschiedener Farben, allerdings relativ ungenau
- Messung durch Ionensensitive Feldeffekt-Transistoren (ISFET): misst den pH-Wert einer Lösung durch die elektrische Leitfähigkeit des Transistors;
- Einsatz eines pH-Meters: beruht auf dem Prinzip der Potentiometrie; Das Gerät wird in die Lösung gehalten und gibt einen sehr genauen pH-Wert aus (Vorraussetzung: Kalibrieren des pH-Meters mit mindestens zwei, besser drei Standard-Lösungen mit pH-Werten von 4, 7 und 10 vor der Messreihenaufnahme → angezeigter Meßwert wird entsprechend justiert, d. h. auf den exakten pH-Wert der Standard-Lösung angepasst.)

Für die Messungen des pH-Wertes bei diesem Versuch wurde ein einfaches pH-Meter Messgerät verwendet, welches zudem die aktuelle Temperatur der Flüssigkeit angibt.



Abbildung 2.2: pH-Meter

## 2.2. Trübung

### 2.2.1 Definition

Die Trübung ist die optische Eigenschaft einer Flüssigkeit, das auf sie eingestrahlte Licht zu streuen und zu reflektieren. Je höher dabei die Trübung ist, desto intensiver ist auch das Streulicht. Die Intensität des Streulichtes ist dabei von verschiedenen Variablen abhängig, wie zum Beispiel der Wellenlänge des Eingangslichtes, dem Brechungsindex  $n$ , aber auch der Partikelgröße und/oder der Partikelform in der Flüssigkeit.

Die Trübung ist ein relevanter Parameter in der gesamten Wasserbranche, zum Beispiel im Trinkwasserbereich, bei industriellen Abwässern oder bei reinem und ultrareinem Wasser in der Elektro- und Halbleiterindustrie. Somit findet der Parameter auch seine Anwendung in der Lebensmittelindustrie wie etwa bei Qualitätskontrollen bei der Herstellung unterschiedlicher Getränke (z.B. Bier, Milch etc.).

### 2.2.2 Messung

Die Trübung einer Flüssigkeit kann sowohl visuell als auch instrumentell gemessen werden.

Visuell:

- mit bloßem Auge: oft lässt sich nur durch das Betrachten einer Flüssigkeit eine gewisse Trübung feststellen. Beispiel: Trübung von kalkreichem Leitungswasser.
- Secchi-Scheibe: Mit der Secchi-Scheibe kann die Sichttiefe der zu untersuchenden Flüssigkeit gemessen werden. Sie findet Anwendung bei natürlichen Gewässern. Die Tiefe des Einsenkens kann an der Maßeinteilung des zugehörigen Seils abgelesen werden.



Abbildung 2.3: Secchi-Scheibe

Instrumentell:

- Die Durchlichtmethode: Bei der Durchlichtmethode wird die Intensität bzw. Schwächung des Durchlichts bei 180° gemessen. Sie eignet sich besonders bei starken Trübungen und Proben mit großen Partikeln. Die Messergebnisse werden in FAU ( Formazine Attenuation Units (ISO 7027)) ausgedrückt.

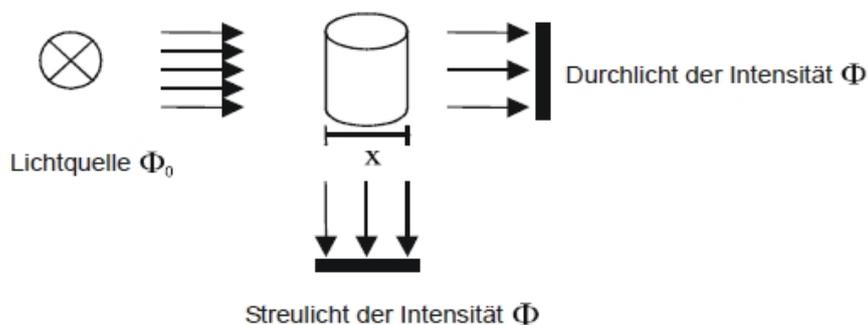


Abbildung 2.4: Durchlichtmessung

- Die nephelometrische Methode: Die Intensität des Streulichts wird in einem Winkel von  $90^\circ$  gemessen. Diese Methode ist besonders geeignet bei niedrigen Trübungen. Die Messergebnisse werden dabei in FNU (Formazine Nephelometric Units (ISO7027)) oder NTU (Nephelometric Turbidity Units) ausgedrückt.

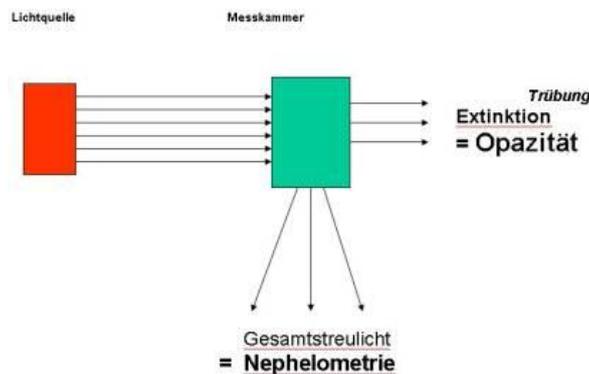


Abbildung 2.5: Nephelometrie

Für die durchgeführten Versuche wurde ein Refraktometer verwendet. Es handelt sich dabei um ein optisches Präzisionsinstrument zur Analyse von Flüssigkeiten auf deren Feststoffgehalt. Dabei werden wenige Tropfen der Flüssigkeit (Kaffee) auf Prismenoberfläche geträufelt und durch Andrücken der Abdeckplatte gleichmäßig verteilt.

Anschließend wird das Refraktometer gegen eine helle Lichtquelle gerichtet und durch das Okular geblickt. Auf einer Skala ist dann eine Grenzlinie sichtbar, die den prozentualen Feststoffgehalt der Lösung angibt.

Die Funktionsweise eines Refraktometers kann wie folgt beschrieben werden:

Die Lichtgeschwindigkeit  $c$  hat im Vakuum den Wert 300.000 km pro Sekunde.

Verändert sich nun allerdings die Dichte des Mediums, durch welche sich das Licht bewegt, so wird die Geschwindigkeit gesenkt. Bei Glas z.B. um ein Drittel auf etwa 200.000 km pro Sekunde. Die Beziehung zwischen der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum und in einem Medium wird als Brechungsindex beschrieben. Da Luft fast identisch zum Vakuum ist, ist hier nur eine kleine Abweichung vorhanden und somit der Brechungsindex (immer  $>1$ ) nahe 1. Trifft Licht auf eine Grenzschicht von Medien mit verschiedenen Brechungsindexen wird der Lichtstrahl abgelenkt. Wird der einfallende Winkel nun flacher so erhält man irgendwann das Phänomen der Totalreflexion. Diese Totalreflexion verwendet das Refraktometer zur Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit. Bei der Messung entsteht eine auf der Skala des Instruments ablesbare Grenzschicht aus hell- und dunkelblau. Wo diese Grenzschicht die Skalenachse schneidet kann der vorhandene Wert in [Brix %] gemessen werden.



Abbildung 2.6: Refraktometer

### 3. Auswertung mit Messungen und Diagramme

Die Auswertung der Messwerte ist in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. Rieger entstanden.

#### 3.1 Änderung der Temperatur

Die erste Messreihe soll einen etwaigen Zusammenhang von Trübung und pH-Wert in Abhängigkeit von der Temperatur zeigen. Dabei wurde zunächst die Temperatur „Normal“ an der Maschine eingestellt und bei dieser der pH-Wert gemessen. Gleiches wurde im Anschluss mit der Temperatureinstellung „Maximal“ durchgeführt. Danach wurden alle Proben auf nahezu Raumtemperatur abgekühlt und wiederum eine pH-Wert Messung vorgenommen. Dabei entstand folgende Messreihe.

Tabelle 3.1: Messreihe 1 mit Standardabweichungen (gelb hinterlegt) und Mittelwerte (grün hinterlegt)

#### Messreihe 1: variieren der Temperatur

Konstanten: Röstung      Mühle Wasser      Temperatur Bohnensorte      Kaffeemenge(Intensität)

Temperatur [°C]				Trübung [Brix%]		PH-Wert			
Normal	Normal/Raum	Max	Max/Raum	Normal	Max	Normal	Normal/Raum	Max	Max/Raum
54	22	54,5	24,6	5	4	5,6	5,61	5,6	5,62
50,2	22,6	64	25,5	4	4,75	5,5	5,58	5,52	5,58
61	23,5	63,6	25,4	5	4,25	5,5	5,61	5,6	5,65
60	24,3	65	25,8	4,5	5	5,35	5,62	5,55	5,56
58	30	60	26,6	4	4,75	5,66	5,68	5,5	5,6
56,64	24,48	61,42	25,58	4,5	4,55	5,52	5,62	5,55	5,60
4,49	3,21	4,30	0,72	0,5	0,41	0,12	0,04	0,05	0,03

Bei dieser Messung war zu erwarten, dass der pH-Wert abhängig von der Temperatur der Lösung ist. Diese Tatsache lässt sich tendenziell anhand der Werte erkennen. Je geringer die Temperatur, desto größer wird der pH-Wert. Allerdings lassen die erhaltenen Werte nicht darauf schließen, dass speziell bei Kaffee größere pH-Wertänderungen bei Beeinflussung der Brühtemperatur auftreten. Erstaunlich ist zudem, dass die Temperaturwerte der Maschine bei der Einstellung „Normal“ und „Maximal“ extrem schwanken. Dies trägt auch dazu bei, dass die erhaltenen Messwerte für den pH-Wert bei Änderung der Temperatur aussagegelos sind. Auch bezüglich der Trübung lässt sich kein unmittelbarer Zusammenhang zur Temperatur feststellen.

### 3.2 Intensitätsänderung

Bei Messreihe 2 wurde die Intensität des Kaffees an der Maschine variiert. Dabei kann zwischen drei Stufen gewählt werden, wobei die geringste Stufe durch ein „Bohnensymbol“ und die höchste Stufe durch drei „Bohnensymbole“ gekennzeichnet sind.

Tabelle 3.2: Messreihe 2

#### Messreihe 2: Variieren der Kaffeemenge(Intensität) (1,2,3 Bohnensymbole)

Konstanten: Kaffeebohnen Mahlgrad Mühle Wasser Röstung Temperatur

	Trübung [Brix%]			PH-Wert		
	1 Bohne	2 Bohnen	3 Bohnen	1 Bohne	2 Bohnen	3 Bohnen
Messung 1	3,25	4	5	5,65	5,56	5,6
Messung 2	4	4	4	5,56	5,61	5,5
Messung 3	3,5	4,25	5	5,64	5,55	5,5
Messung 4	4	4,5	4,5	5,62	5,49	5,35
Messung 5	3,75	4,5	4	5,65	5,54	5,66
<b>Mittelwert:</b>	<b>3,7</b>	<b>4,25</b>	<b>4,5</b>	<b>5,62</b>	<b>5,55</b>	<b>5,52</b>
<b>Standardabweichung:</b>	<b>0,5</b>	<b>0,41</b>	<b>0,12</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,12</b>

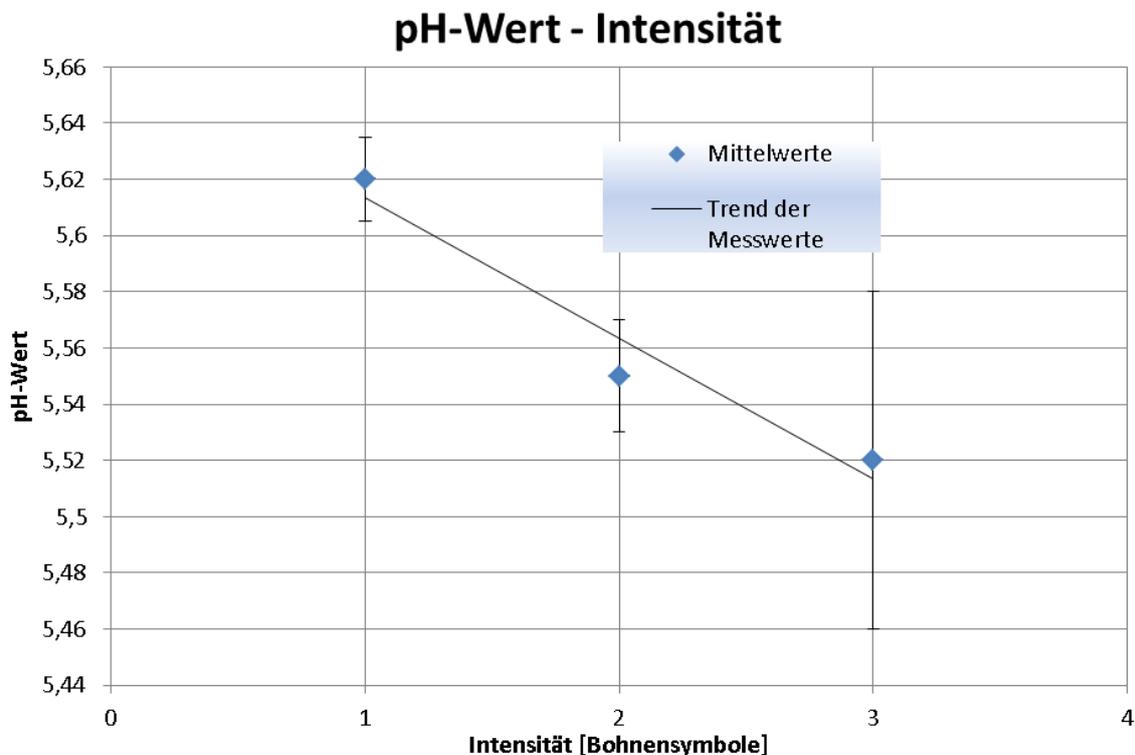


Diagramm 3.3: pH-Wert - Intensität

## Trübung - Intensität

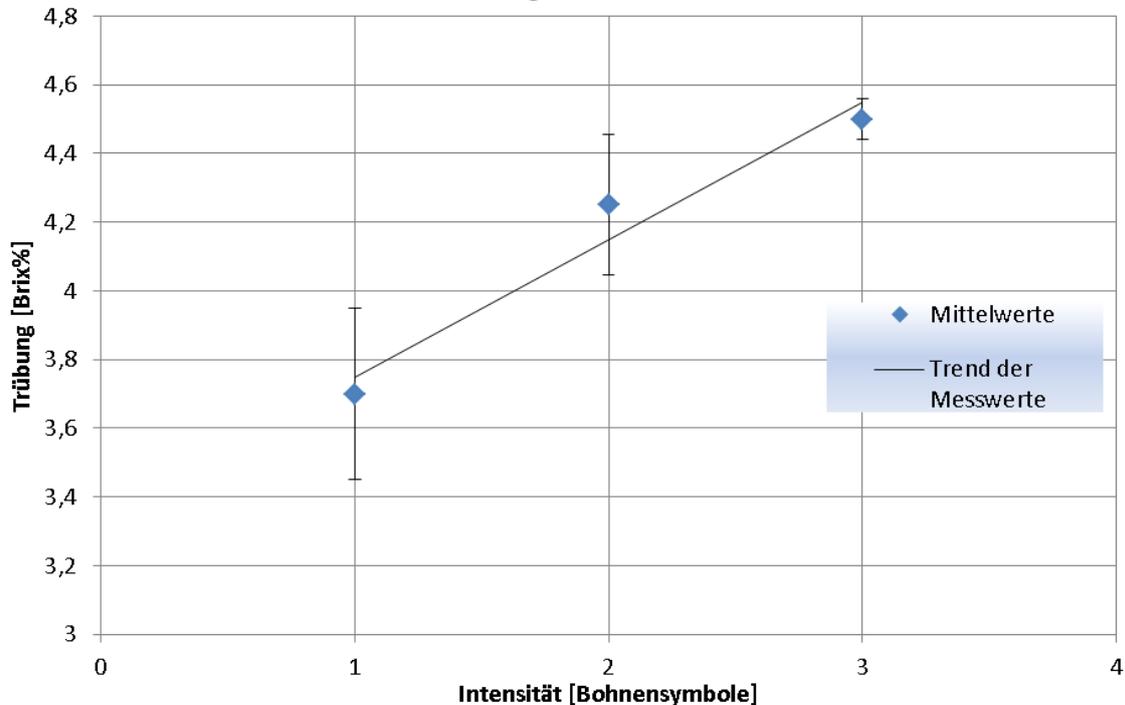


Diagramm 3.4: Trübung - Intensität

Bei der Messreihe war wie erwartet zu sehen, dass beim Erhöhen der Intensität auch die Trübung zunimmt. Die pH-Werte lassen bei dieser Anzahl an Messungen keine genaueren Aussagen zu. Tendenziell sinkt allerdings der pH-Wert bei Erhöhung der Intensität. Eine Erhöhung der Messanzahl, speziell bei der Messung mit 3 „Bohnsymbolen“ (höhere Streuung der Messwerte) könnte diese Annahme unterstreichen.

### 3.3 verschiedene Kaffeesorten

Insgesamt gibt es in etwa vierzig verschiedene Kaffeesorten. Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich dabei die beiden Sorten Arabica und Robusta als beliebteste auf dem Kaffeemarkt etabliert.

Tabelle 3.3: Messreihe 3

#### **Messreihe 3: Variieren der Kaffeebohnen (Arabica oder Robusta)**

**Konstanten:** Mahlgrad Mühle Wasser Temperatur Röstung Kaffeemenge(Intensität)

	Trübung [Brix%]		PH-Wert	
	Arabica	Robusta	Arabica	Robusta
Messung 1	5	4,50	5,6	5,85
Messung 2	4	4,50	5,5	5,77
Messung 3	5	4,00	5,5	5,83
Messung 4	4,5	4,00	5,35	5,78
Messung 5	4	3,50	5,66	5,81
<b>Mittelwert:</b>	<b>4,50</b>	<b>4,10</b>	<b>5,52</b>	<b>5,81</b>
<b>Standardabweichung:</b>	<b>0,5</b>	<b>0,42</b>	<b>0,12</b>	<b>0,03</b>

Geschmacklich unterscheiden sich die beiden Sorten deutlich. Während die Arabica Bohne in der Regel säuerlicher schmeckt, charakterisiert die Robusta Bohne einen kräftigeren und bittereren Geschmack. Diese Merkmale lassen sich anhand des gemessenen pH-Wertes verdeutlichen, da der pH-Wert der Arabica Bohnen bei allen Messungen niedriger ist als der der Robusta. Bei der Trübung sind die Werte der Robusta Bohne bis auf eine Ausnahme niedriger als beim Arabica. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Robustasorte zunächst eher als Crema aus dem Auslauf kommt und sich der Kaffee erst dann am Tassenboden absetzt. Da alle Proben unmittelbar nach dem Brühen genommen wurden, ist es möglich, dass sich ein höherer Crema-Anteil im Refraktometer befand und daher die Trübung geringer ist.

### 3.4 Variieren der Kaffeeröstung

Je nachdem welche Art von Kaffee man zubereiten möchte, werden unterschiedliche Röstungen verwendet. Um beispielsweise einen Filterkaffee herzustellen, werden die Kaffeebohnen weniger dunkel und somit auch kürzer geröstet, wie dies bei einem Espresso der Fall ist. Die Dauer des Röstvorgangs ist von großer Bedeutung für die Qualität und Bekömmlichkeit des Kaffees. Wird der Kaffee zu schnell geröstet, enthält er noch mehr Säuren und der Kaffee schmeckt eher säuerlich.

Tabelle 3.4: Messreihe 4

### Messreihe 4: Variieren der Kaffeeröstung

**Konstanten:** Mahlgrad Kaffeemenge(Intensität) Mühle Wasser Temperatur Kaffeebohnen

	Trübung [Brix%]		PH-Wert	
	Filter	Espresso	Filter	Espresso
Messung 1	4	5	5,25	5,6
Messung 2	3,75	4	5,2	5,5
Messung 3	3,75	5	5,17	5,5
Messung 4	3,75	4,5	5,18	5,35
Messung 5	3,75	4	5,2	5,66
<b>Mittelwert:</b>	<b>3,8</b>	<b>4,5</b>	<b>5,2</b>	<b>5,52</b>
<b>Standardabweichung:</b>	<b>0,11</b>	<b>0,5</b>	<b>0,03</b>	<b>0,12</b>

Der Filterkaffee, dessen Röstzeit kürzer ist als die des Espresso, weist auch in den vorgenommenen Messungen einen niedrigeren pH-Wert auf, was auf einen höheren Säuregehalt schließen lässt. Daraus folgt, dass der pH-Wert auch auf die Dauer des Röstvorgangs und die Qualität des Kaffees schließen lässt. Die Trübungswerte zeigen, dass der Filterkaffee weniger trüb ist als der Espresso, da der Kaffee kürzer geröstet wird und daher die geröstete Bohne heller als die der Espressoart ist.

### 3.5 Kaffeeingangszustand

Der hier verwendete Vollautomat bietet die Möglichkeit den Kaffee entweder in ganzen Bohnen oder als Pulver zuzuführen, woraus sich der nächste veränderbare Parameter ableitet.

Tabelle 3.5: Messreihe 5

### Messreihe 5: Variieren des Kaffeeingangszustandes

**Konstanten:** Wasser Temperatur Röstung Kaffeebohnen Kaffeemenge(Intensität)

	Trübung [Brix%]		PH-Wert	
	Bohnen	Pulver	Bohnen	Pulver
Messung 1	5	5,75	5,6	5,45
Messung 2	4	5	5,5	5,5
Messung 3	5	5	5,5	5,55
Messung 4	4,5	6	5,35	5,56
Messung 5	4	2	5,66	5,9
<b>Mittelwert:</b>	<b>4,5</b>	<b>4,75</b>	<b>5,52</b>	<b>5,59</b>
<b>Standardabweichung:</b>	<b>0,5</b>	<b>1,60</b>	<b>0,12</b>	<b>0,18</b>

Bei dieser Messreihe lässt sich bei den pH-Wert-Messungen keine Auffälligkeit feststellen. Bei Betrachtung der Trübungswerte fällt auf, dass die Werte des Pulvers tendenziell höher sind als die der Bohnen. Daraus lässt sich schließen, dass das verwendete fertig gemahlene Kaffeepulver einen feineren Mahlgrad aufweist als der eingestellte Mahlgrad der internen Mühle des Vollautomaten.

### 3.6. Mahlgrad

Je nach Kaffeesorte bzw. Röstung gibt es einen optimalen Mahlgrad, der auf den Geschmack wesentlichen Einfluss hat. Wird der falsche Mahlgrad gewählt, kann der Kaffee bei zu groben Mahlgrad sauer oder bei zu feinem Mahlgrad bitter schmecken. Allerdings konnte dieser Zusammenhang mit folgender Messreihe nicht belegt werden. Diagramm 3.6 zeigt, dass ein gröberer Mahlgrad erwartungsgemäß zu einer geringeren Trübung führt.

Tabelle 3.6: Messreihe 6

#### Messreihe 6: Variieren des Mahlgrads des Kaffees in der internen Mühle

Konstanten: Röstung Mühle Wasser Temperatur Kaffeebohnen Kaffeemenge(Intensität)

	Trübung [Brix%]			PH-Wert		
	Mild	Mittel	Grob	Mild	Mittel	Grob
Messung 1	5	4,75	4	5,6	5,56	5,56
Messung 2	4	4,25	4,25	5,5	5,54	5,52
Messung 3	5	4,25	4,25	5,5	5,55	5,56
Messung 4	4,5	4,5	4	5,35	5,57	5,55
Messung 5	4	4,5	4,25	5,66	5,51	5,57
Mittelwert:	4,5	4,45	4,15	5,52	5,55	5,47
Standardabweichung:	0,5	0,21	0,14	0,12	0,02	0,02

### Trübung - Mahlgrad

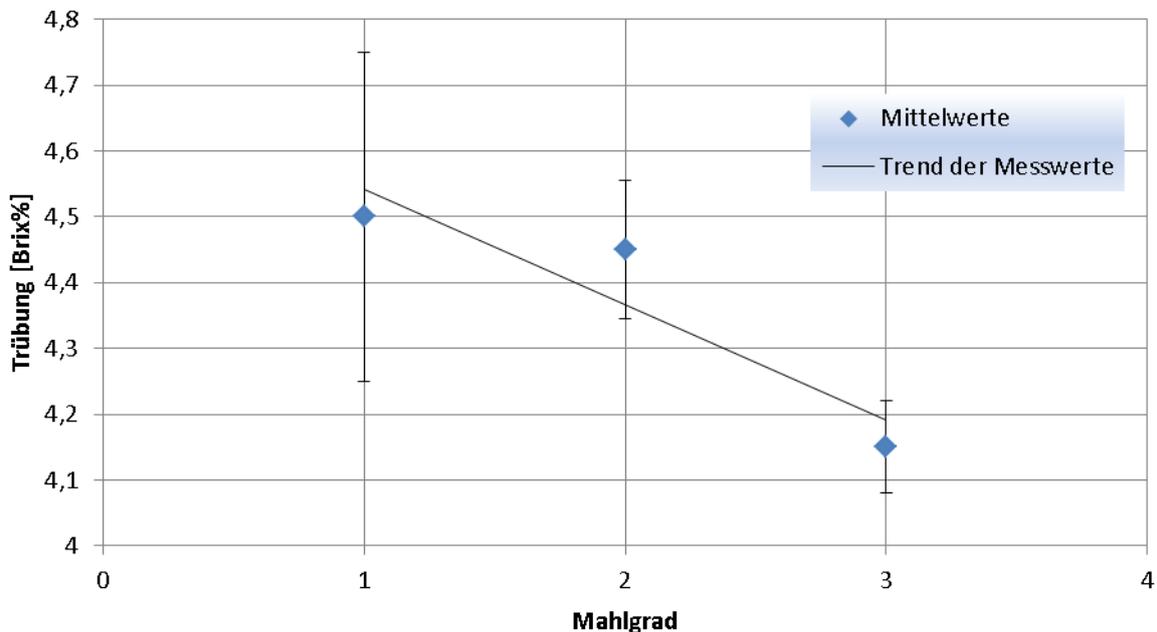
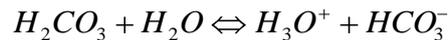


Diagramm 3.6: Trübung-Mahlgrad

### 3.7 Unterschiedliche Wasser

Bei der Reaktion von Kohlensäure und Wasser entsteht folgendes chemisches Gleichgewicht:



Dabei lassen die Anzahl der Oxoniumionen ( $H_3O^+$ ) auf den pH-Wert schließen. Die Menge an Hydrogencarbonationen ( $HCO_3^-$ ) ist ein Maß für den Kalkgehalt, z.B. des Leitungswassers. Daher ist es interessant, inwiefern sich der pH-Wert der Lösung ändert, wenn destilliertes Wasser, bei dem der Hydrogencarbonatanteil nicht vorhanden ist, verwendet wird. Laut Herrn Professor Dr. Rieger ist ein Abfall des pH-Wertes zu erwarten, was die Kaffeelösung folglich saurer machen würde.

#### **Messreihe 7: Variieren des Wassers**

**Konstanten:** Temperatur Mühle Röstung Kaffeebohnen Kaffeemenge(Intensität)

	Trübung [Brix%]		PH-Wert	
	Leitung	Entkalkt	Leitung	Entkalkt
Messung 1	5	5	5,6	5,5
Messung 2	4	4,25	5,53	5,45
Messung 3	5	4,5	5,54	5,45
Messung 4	4,5	4,25	5,55	5,48
Messung 5	4	4,75	5,62	5,46
<b>Mittelwert:</b>	<b>4,5</b>	<b>4,55</b>	<b>5,57</b>	<b>5,47</b>
<b>Standardabweichung:</b>	<b>0,5</b>	<b>0,33</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>

Die Annahme von Prof. Dr. Rieger ist tendenziell zu erkennen. Eine noch größere Aussagekraft könnte durch eine Erhöhung der Messungsanzahl erzielt werden, was allerdings vor dem Hintergrund der Lebensmittelverschwendung nicht durchgeführt wurde. Zudem müssen etwaige Einflüsse auf den entkalkten pH-Messwert wie zum Beispiel bereits vorhandene Kalkablagerungen in der Kaffeemaschine oder das Alter des destillierten Wassers mit berücksichtigt werden, wodurch die zu erwartende deutliche Abnahme des pH-Wertes bei der Messung geschwächt wird.

Im Bezug auf die Trübung lässt sich keine Besonderheit erkennen.

## 4. Fazit

Insgesamt betrachtet gab es anhand der Messungen leider keine Ergebnisse, die nicht zu erwarten waren. Besonders bei Messreihe eins, bei der sich auch Herr Prof. Dr. Rieger ein anderes Ergebnis erwartet hatte, war die Messung aufgrund oben genannter Ursachen nicht aussagekräftig. Um hier bessere Ergebnisse erzielen zu können, müsste auch die Maschine exaktere Temperaturwerte für ihre Einstellungen „Normal“ und „Maximal“ liefern. Außerdem erscheinen die gemessenen Temperaturen relativ niedrig.

Interessant wäre, ob sich die Annahmen bei den Messreihen 2,6 und 7 durch eine Erhöhung der Messanzahl bestätigen oder widerlegen lassen, was im Rahmen eines kleinen weiteren Arbeitspakets behandelt werden könnte.

## Quellenverzeichnis

<http://www.kaffee-netz.de/vom-rohkafee-zum-selbstr-ster/22334-frische-r-stung-wie-ausgasen-lassen.html>

<http://www.kaffee-netz.de/bohlen-und-kaffee/15073-robusta-arabica-unterschiede.html>

<http://www.kaffee-netz.de>

<http://de.wikipedia.org/wiki/PH-Wert>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Refraktometer>

<http://de.wikipedia.org/wiki/PH-Meter>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%BCbung>

### Bilderquellen:

Abbildung 2.1: <http://www.zentrum-der-gesundheit.de/images/ph-wert.jpg>

Abbildung 2.3: <http://www.gymnasium-parsberg.de/public/globe/Secchi1.JPG>