

B-PA

Projektarbeit Kaffeemaschine

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. H. Ketterl

Arbeitspaket

Histogramm Mahlgrad

Thomas Beyer
Michael Burger
Daniela Lehner
Sebastian Olszak

30.12.2011

Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Ziel des Versuches	3
3. Versuchsaufbau	3
4. Versuchsdurchführung.....	4
5. Ergebnis.....	6
5.1. Trocken alt.....	6
5.2. Trocken neu.....	7
5.3. Feucht alt.....	8
5.4. Feucht neu.....	9
5.5. Logarithmische Darstellung.....	10
5.6. Mittlere Korngrößen	11
6. Deutung.....	11
7. Ausblick	12
8. Ergänzung – Messung mittels Laserbeugungstechnik	13
8.1. Einleitung.....	13
8.2. Ergebnis	13
8.2.1. Vergleich Trocken alt / Trocken neu	13
8.2.2. Vergleich Feucht alt / Feucht neu	14
8.2.3. Vergleich Trocken alt / Feucht alt	14
8.2.4. Vergleich Trocken neu / Feucht neu	15
8.3. Deutung	15

1. Einleitung

Dass die Zubereitung eines „perfekten“ Kaffeegetränks fast schon an Zauberei grenzt und erst mit viel Erfahrung zufriedenstellend gelingt, weiß jeder, der es schon mal versucht hat. Dabei ist das Ergebnis von vielen Faktoren abhängig. Die richtige Brühtemperatur, optimaler Brühdruck, Tamperdruck, aber natürlich auch das Kaffeemehl. Dabei ist nicht nur die Qualität, sondern ganz besonders die Korngröße entscheidend. Bei zu kleinen Körnern kann es zum Verschluss des Siebträgers kommen, bei zu großen fließt das Wasser zu schnell durch das Mehl und kann die Aromastoffe nicht aufnehmen, der Kaffee wird „wässrig“. Die Kaffeemühle ist hier der entscheidende Faktor.

2. Ziel des Versuches

Die Kaffeemühle, bei der klassischen Kaffeeherstellung mit einer Gastromaschine, ein externes Gerät, kann nur bei optimaler Einstellung, gutem Zustand und korrekter Bedienung ein gutes Kaffeemehl erzeugen. Der Mahlgrad kann dabei über ein Einstellrad oder über einen Schieber eingestellt werden. Dabei vergrößert bzw. verkleinert sich der Abstand der Mahlscheiben und das Mehl wird gröber bzw. feiner. Im folgenden Versuch soll untersucht werden, welchen Einfluss der Abnutzungsgrad der Mahlscheiben auf das Mahlergebnis hat. Dieses soll anhand der Körnergröße und der Verteilung beurteilt werden. Des Weiteren soll die Auswirkung von Feuchtigkeit in den Bohnen auf das Mahlergebnis betrachtet werden.

3. Versuchsaufbau

Zur Bestimmung der Korngröße und der Verteilung soll eine Siebanalyse durchgeführt werden. Diese wird in der DIN 66165 beschrieben.



Das gebräuchlichste Verfahren ist die Siebanalyse in der Trockensiebung mit einem Siebturm. Dabei werden bis zu 8 Prüfsiebe übereinander angeordnet und auf eine Siebmaschine gespannt. Die Siebe, die jeweils aus einem Siebboden und einem Siebrahmen bestehen werden so angeordnet, dass die Maschenweite von oben nach unten abnimmt. Die zu analysierende Probe wird auf das größte Sieb aufgegeben und für eine bestimmte Zeit einer definierten Bewegung ausgesetzt. Die Siebmaschine arbeitet dabei als Vertikalschwinger. Amplitude und Siebdauer können manuell eingestellt werden. Desweiteren wird eine Präzisionswaage verwendet.

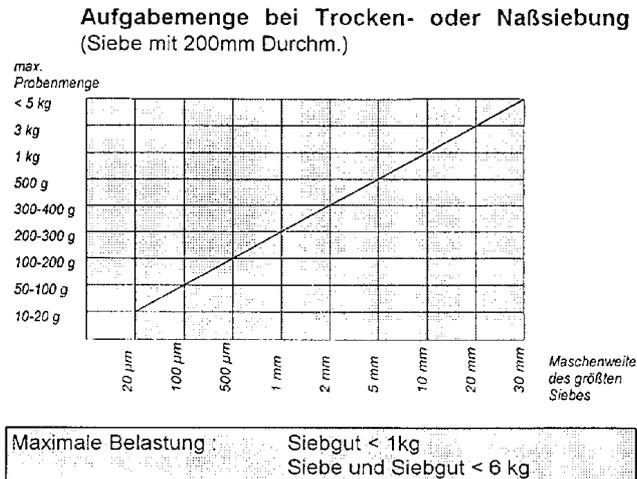
Das Aufgabegut ist Kaffeemehl, das mit einer Faema Kaffemühle gemahlen wurde. Dabei werden Mahlscheiben alt und neu, sowie Bohnen feucht und trocken verwendet.



4. Versuchsdurchführung

Bevor der eigentliche Versuch, das Sieben stattfinden kann, muss das Kaffemehl gemahlen werden. Es werden die alten Mahlscheiben montiert und auf einen vorher definierten Abstand (5 Einheiten) eingestellt. Das Bohnsilo wird mit ca. 300g Bohnen gefüllt und der Mahlvorgang gestartet. Es wird ohne Unterbrechung gemahlen und das Mehl in einem verschließbaren Kunststoffgefäß aufgefangen. Nach einer gründlichen Reinigung der Mühle, werden die neuen Mahlscheiben montiert, für die extra Schrauben angefertigt werden mussten, da die standartmäßigen Schrauben nicht weit genug in der Mahlscheibe versenkt werden konnten, und wieder etwa 300g Bohnen gemahlen. Es folgt eine weitere Reinigung und nun werden wieder ca. 300g Bohnen jeweils mit den neuen und alten Mahlscheiben gemahlen und in Gefäße gefüllt. Nach der Beschriftung der Behälter kann der eigentliche Versuch, die Siebung beginnen.

Zuerst wird anhand der zu erwartenden Teilchengröße die Maschenweite des größten Siebes bestimmt. In diesem Fall 1mm. Dann kann aus dem nachfolgenden Diagramm die max. Probemenge bestimmt werden (hier 200 – 300g).



Als nächstes wird das exakte Gewicht der Probenmenge bestimmt und notiert. Des weiteren wird jedes einzelne Sieb gewogen und das Gewicht in eine Tabelle eingetragen, um später daraus das Nettogewicht der Partikel zu bestimmen.

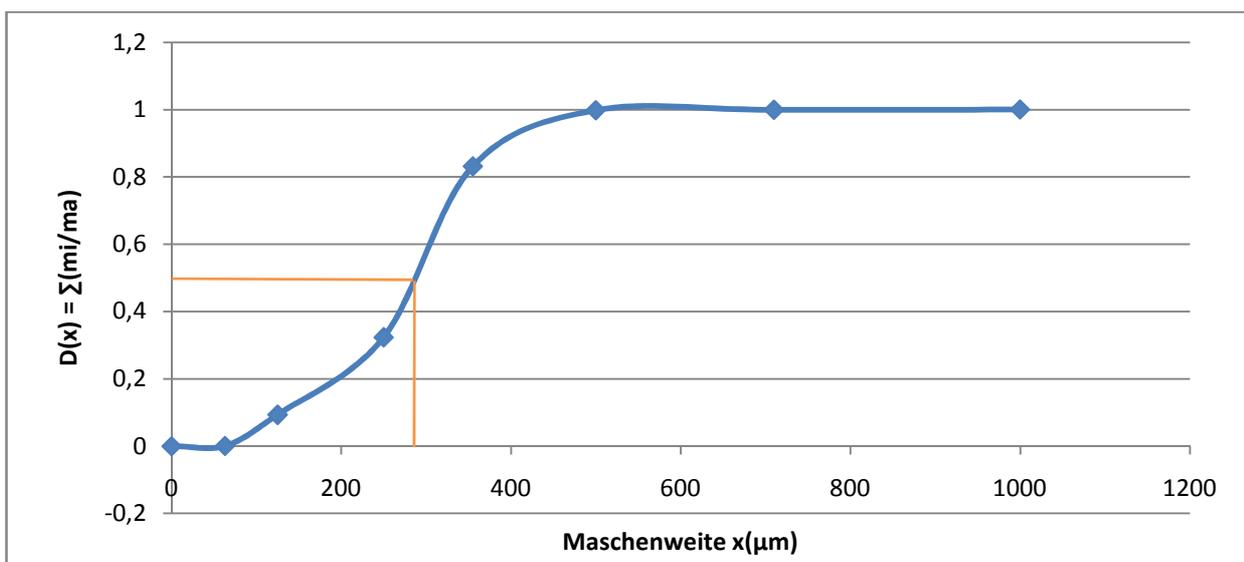
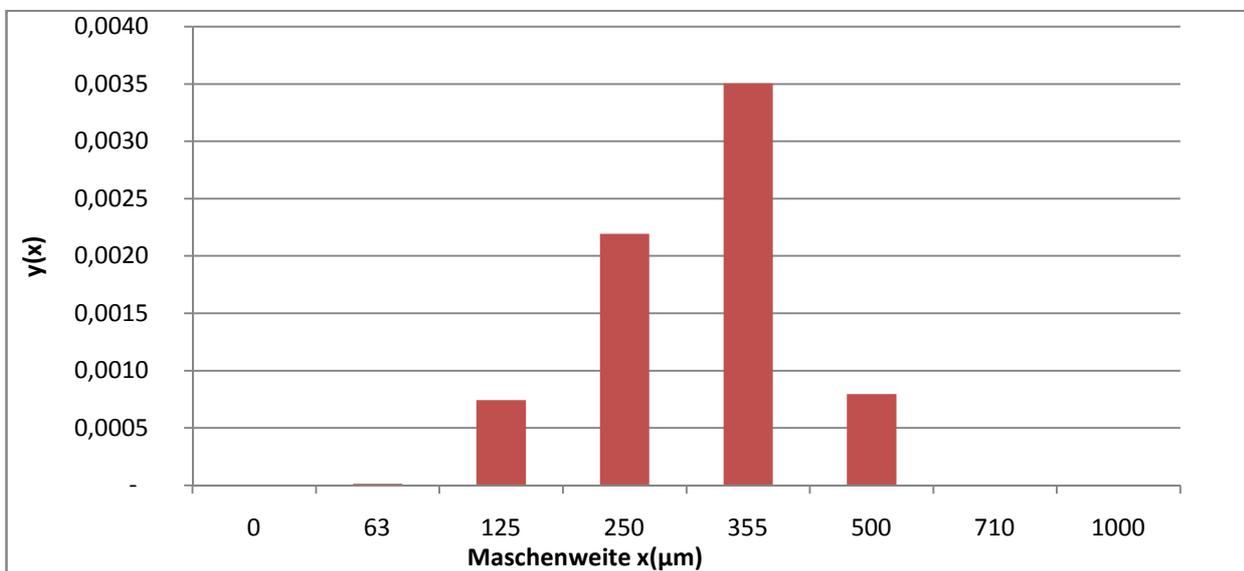


Nachdem die Siebe montiert sind, wird das Mehl in die oberste Pfanne gegeben und mit einer Glashaube verschlossen. Der gesamte Aufbau wird dann mit zwei Gurten verspannt. Nach Eingabe der Amplitude von 2.0mm und einer Siebzeit von 5min wird der Siebvorgang gestartet. Nach Ablauf der Zeit wird die Glashaube demontiert und jedes einzelne Sieb mit darauf befindlichem Mehl auf einer Präzisionswaage gewogen. Das Bruttogewicht wird in eine Excel Tabelle eingetragen, die mit dem vorher bestimmten Siebgewicht, das Nettogewicht berechnet.

5. Ergebnis

5.1. Trocken alt

Sieb-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maschenweite x_i (μm)	0	63	125	250	355	500	710	1000	1400
Δx_i (μm)	63	62	125	105	145	210	290	400	-
(μm)	31,5	94	187,5	302,5	427,5	605	855	1200	-
Masse tara (g)	328,69	331,31	376,55	391,27	395,85	410,98	432,21	470,28	-
Masse brutto (g)	328,7	331,5	401,12	452,3	530,53	455,2	432,49	470,53	-
Masse netto (g) m_i	0,01	0,19	24,57	61,03	134,68	44,22	0,28	0,25	-
m_i/m_A	0,0000	0,0007	0,0927	0,2303	0,5082	0,1669	0,0011	0,0009	-
$y_A(x_i) = (m_i/m_A)/\Delta x_i$ ($1/\mu\text{m}$)	0,0000	0,0000	0,0007	0,0022	0,0035	0,0008	0,0000	0,0000	-
$D(x) = \Sigma(m_i/m_A)$	0	0,0007	0,0934	0,3237	0,8320	0,9988	0,9999	1,0008	-

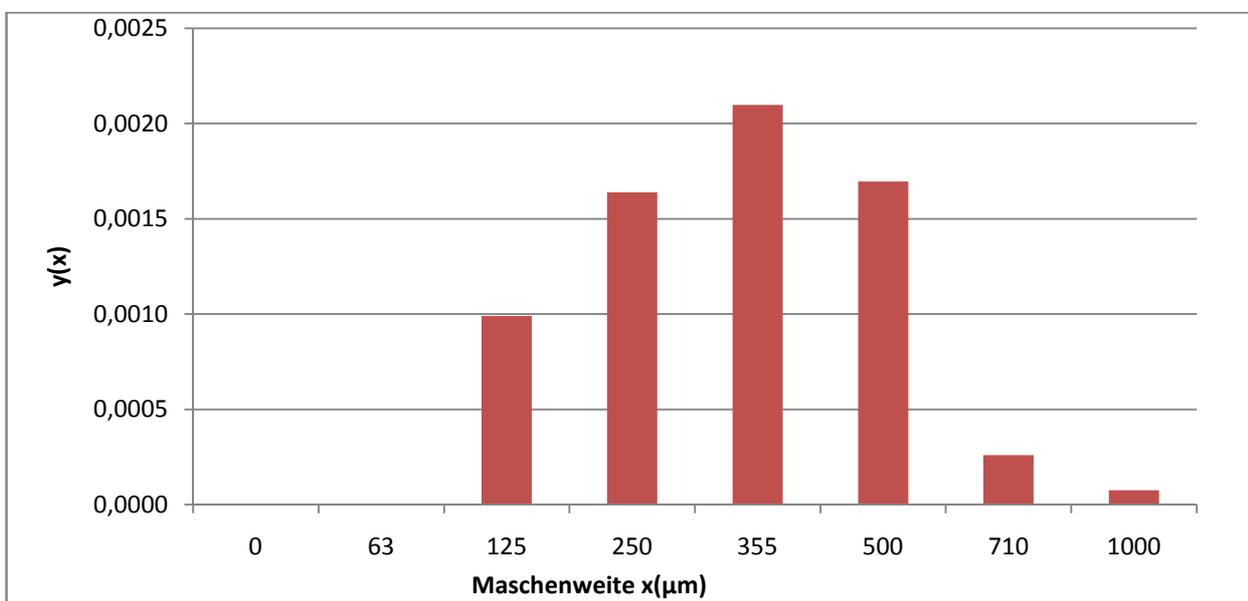


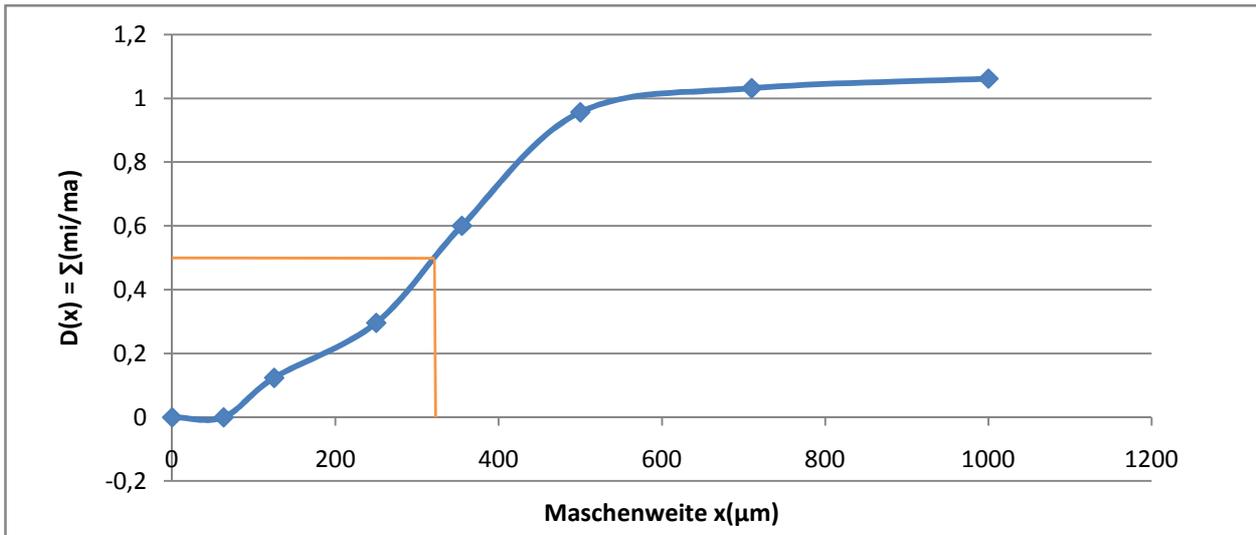
Im Säulendiagramm wird die Massendichteverteilung über der Maschenweite aufgetragen. Die Massendichteverteilung ergibt sich, wie oben in der Tabelle gezeigt, aus der Differenz von Masse auf dem Sieb und Gesamtaufgabemasse, welche schließlich noch durch die Differenz der Maschenweite dividiert wird. Aus diesem Diagramm lässt sich eine Tendenz erkennen, aber noch keine mittlere Korngröße bestimmen.

Dies wiederum gelingt mit der Summenkurve (blau). Sie zeigt, wie viel Prozent des Materials größer bzw. kleiner als eine bestimmte Korngröße ist. Hiermit lässt sich auch die mittlere Korngröße x_{50} bestimmen. An der Stelle, an der eine Horizontale bei $D(x)=0,5$ die Kurve schneidet, lässt sich auf der x-Achse die Korngröße ablesen, welche anschließend mit den anderen Siebungen verglichen wird.

5.2. Trocken neu

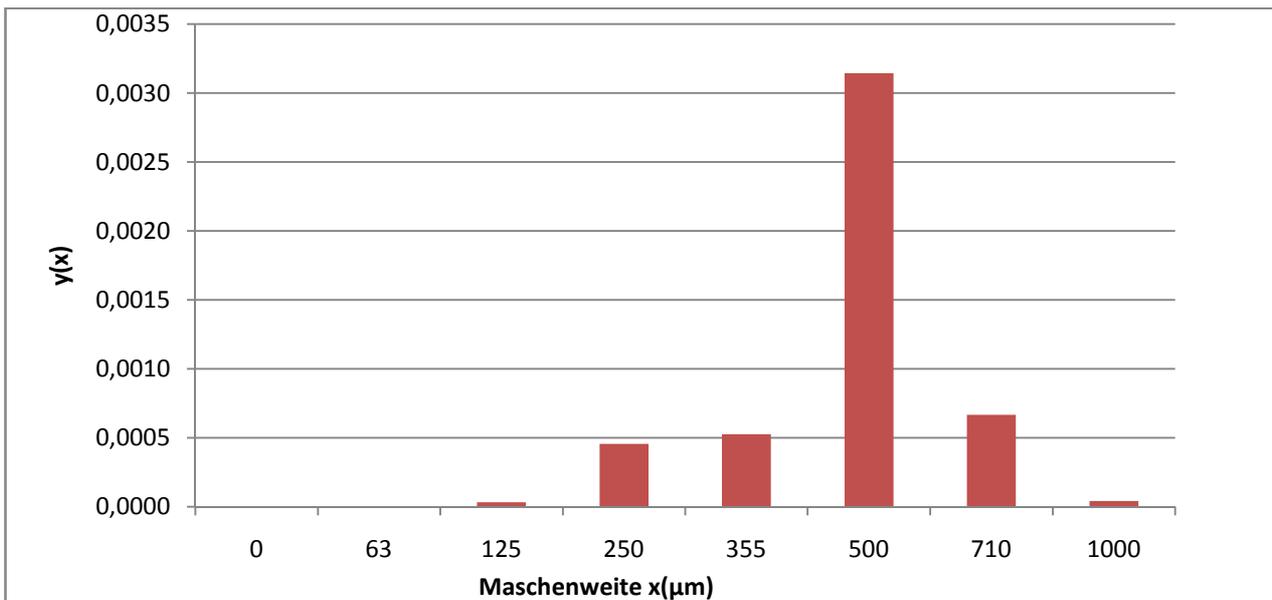
Sieb-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maschenweite x_i (μm)	0	63	125	250	355	500	710	1000	1400
Δx_i (μm)	63	62	125	105	145	210	290	400	-
(μm)	31,5	94	187,5	302,5	427,5	605	855	1200	-
Masse tara (g)	328,69	331,3	356,62	391,41	396,19	411,2	432,43	470,55	
Masse brutto (g)	328,69	331,3	396,63	447,09	494,62	526,36	456,78	480,23	
Masse netto (g) m_i	0	0	40,01	55,68	98,43	115,16	24,35	9,68	
m_i/m_A	0,0000	0,0000	0,1237	0,1721	0,3043	0,3560	0,0753	0,0299	
$y_A(x_i) = (m_i/m_A)/\Delta x_i$ ($1/\mu\text{m}$)	0,0000	0,0000	0,0010	0,0016	0,0021	0,0017	0,0003	0,0001	
$D(x) = \sum(m_i/m_A)$	0	0,0000	0,1237	0,2958	0,6001	0,9561	1,0314	1,0613	

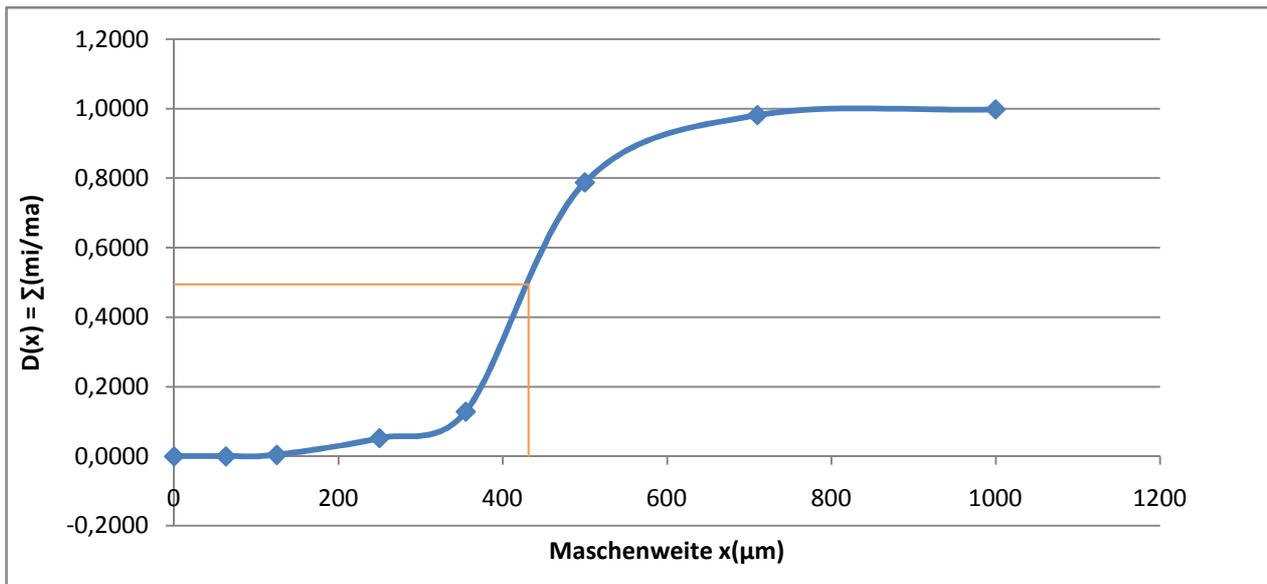




5.3. Feucht alt

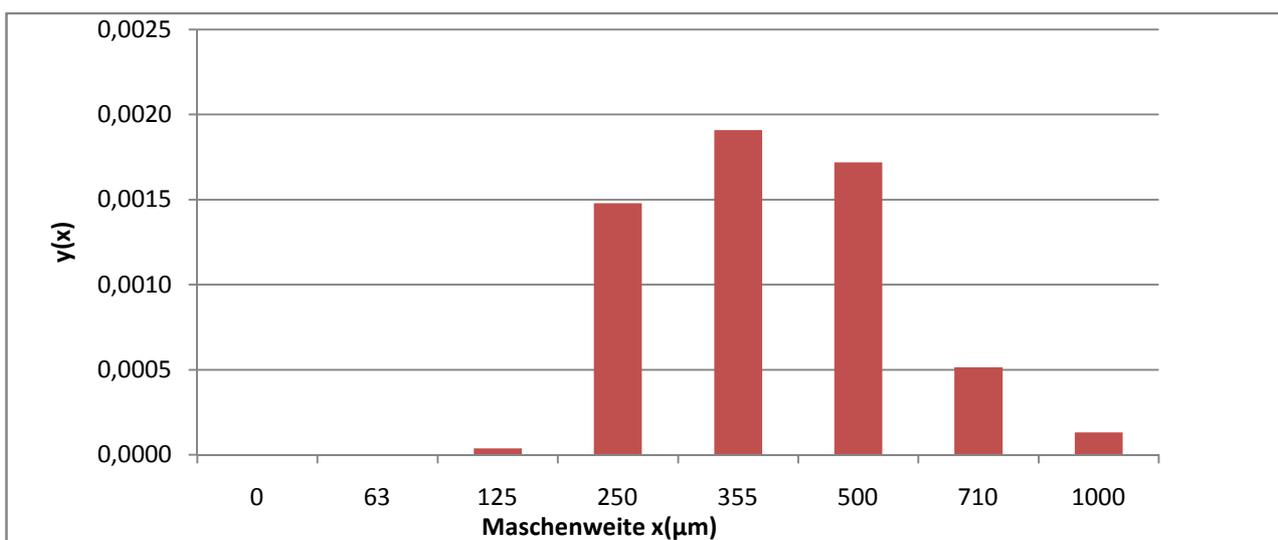
Sieb-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maschenweite x_i (μm)	0	63	125	250	355	500	710	1000	1400
Δx_i (μm)	63	62	125	105	145	210	290	400	-
(μm)	31,5	94	187,5	302,5	427,5	605	855	1200	-
Masse tara (g)	428,69	331,29	376,72	391,46	396,45	411,28	432,44	470,57	
Masse brutto (g)	428,69	331,29	378	406,36	420,13	616,35	492,57	475,69	
Masse netto (g) m_i	0	0	1,28	14,9	23,68	205,07	60,13	5,12	
m_i/m_A	0,0000	0,0000	0,0041	0,0479	0,0762	0,6599	0,1935	0,0165	
$y_A(x_i) = (m_i/m_A)/\Delta x_i$ ($1/\mu\text{m}$)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0005	0,0031	0,0007	0,0000	
$D(x) = \Sigma(m_i/m_A)$	0,0000	0,0000	0,0041	0,0521	0,1283	0,7882	0,9817	0,9982	

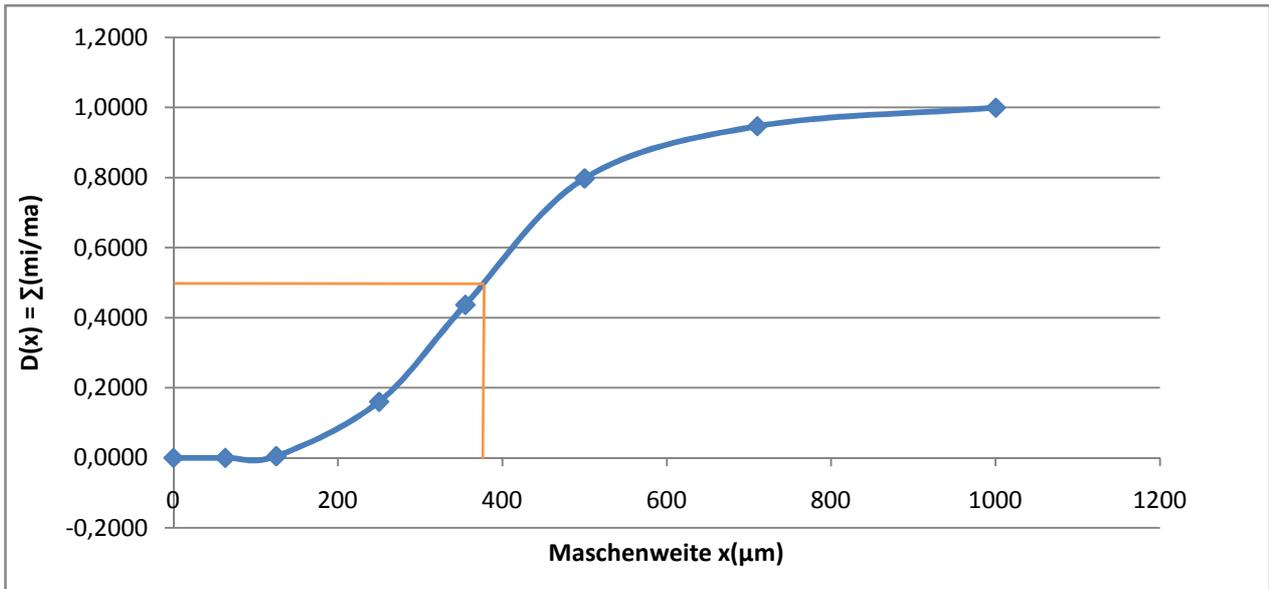




5.4. Feucht neu

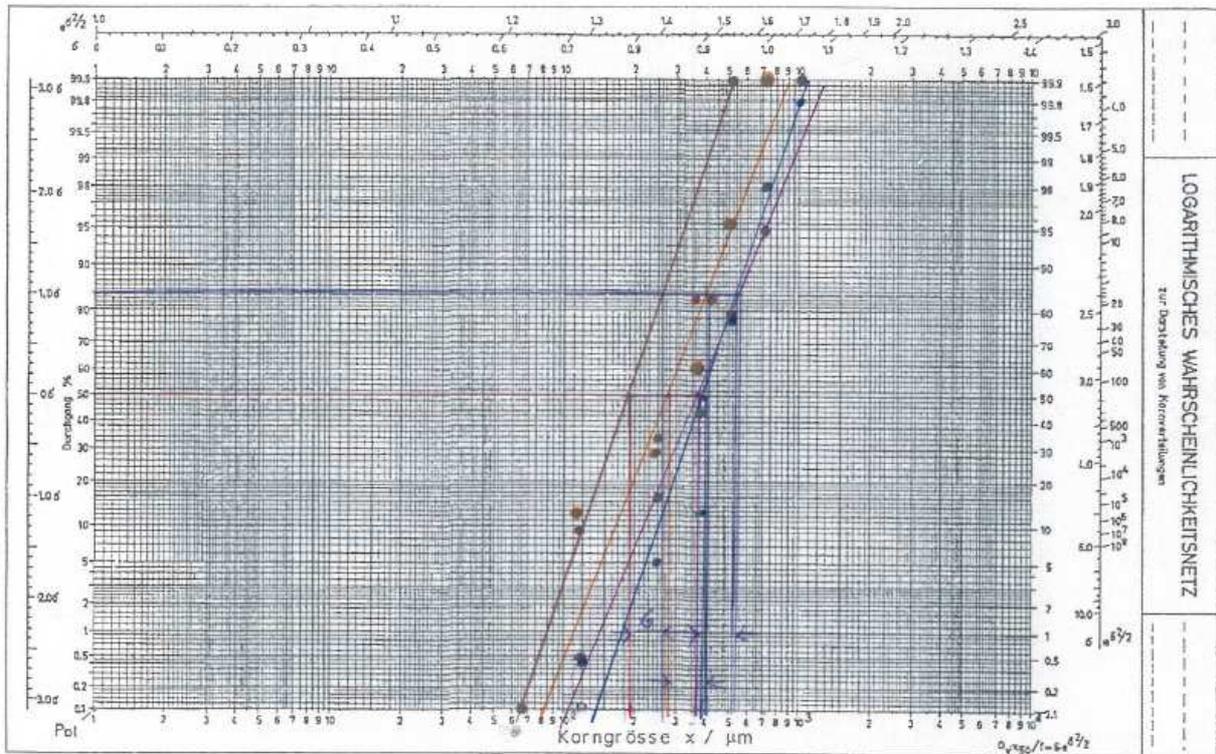
Sieb-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maschenweite x_i (μm)	0	63	125	250	355	500	710	1000	1400
Δx_i (μm)	63	62	125	105	145	210	290	400	-
(μm)	31,5	94	187,5	302,5	427,5	605	855	1200	-
Masse tara (g)	328,69	331,3	356,62	391,41	396,19	411,2	432,43	470,55	
Masse brutto (g)	328,69	331,3	396,63	447,09	494,62	526,36	456,78	480,23	
Masse netto (g) m_i	0	0	40,01	55,68	98,43	115,16	24,35	9,68	
m_i/m_A	0,0000	0,0000	0,1237	0,1721	0,3043	0,3560	0,0753	0,0299	
$y_A(x_i) = (m_i/m_A)/\Delta x_i$ (1/μm)	0,0000	0,0000	0,0010	0,0016	0,0021	0,0017	0,0003	0,0001	
$D(x) = \Sigma(m_i/m_A)$	0	0,0000	0,1237	0,2958	0,6001	0,9561	1,0314	1,0613	





5.5. Logarithmische Darstellung

- Trocken alt
- Trocken neu
- Feucht neu
- Feucht alt



Eine weitere Möglichkeit die mittlere Korngröße zu bestimmen, ist die Summenkurve logarithmisch aufzutragen. Dabei ergibt sich eine Gerade, mit deren Hilfe sich bei Durchgang=50% die mittlere Korngröße ablesen lässt. Zusätzlicher Vorteil ist, dass sich die Standardabweichung δ bestimmen lässt.

5.6. Mittlere Korngrößen

Bohnen / Scheibe	X50 +- Standartabweichung
Trocken / alt	280 +- 130 μm
Trocken / neu	320 +- 130 μm
Feucht / alt	430 +- 190 μm
Feucht / neu	370 +- 160 μm

6. Deutung

Bei der ersten Siebung des Mehls trocken/alt wurde das oberste Sieb mit der Maschenweite fast komplett geleert. Es wurde auch keine Körner größer als 1mm erwartet. Diese Siebung ist als gültig und verwertbar zu bewerten. Bei der zweiten Siebung (trocken/neu) zeigte sich jedoch eine unerwartet große Menge in den zwei obersten Sieben. Bei genauerer Betrachtung wurde eine Verklumpung des Mehls festgestellt (siehe Bild unten). Die Masse des Mehls, das sich hier befand, war also nicht auf Grund der Größe der Körner in den Sieben zurückgeblieben, sondern auf Grund der Verklumpung. Eine Erhöhung der Amplitude und eine längere Siebdauer brachten auch keine Verbesserung. Die grafisch bestimmte Korngröße ist also als fehlerhaft zu bewerten, da die wahre Korngröße wohl kleiner ist.

Dieser Umstand zeigte sich auch bei der Siebung des Mehls feucht/neu. Die Ursache der Verklumpung scheint also die neue Mahlscheibe zu sein. Darüber, ob der Grund die schärferen Kanten, eine Beschichtung o.ä. ist, lässt sich hier keine Aussage treffen.

Das eigentliche Ziel, die Abhängigkeit des Mahlergebnisses vom Zustand der Mahlscheiben zu bestimmen, wurde nicht erreicht. Es wäre falsch, die bestimmten Korngrößen zu vergleichen.

Jedoch kann die Auswirkung von Feuchtigkeit in den Bohnen auf das Mahlergebnis beurteilt werden. Die beiden Siebungen trocken/alt und feucht/alt sind als gültig zu bewerten. Hier lässt sich erkennen, dass es zu einem deutlichen Anstieg der Korngröße kommt. Die Ursache dafür wird hier nicht weiter untersucht, jedoch ist von einer Auswirkung von Feuchtigkeit in den Bohnen auf das Mahlergebnis auszugehen. Auffällig ist aber der nur geringe Anstieg der Korngröße bei neuen Mahlscheiben. Diese scheinen unempfindlicher auf Feuchtigkeit in den Bohnen zu reagieren.



7. Ausblick

Da sich in diesem Versuch keine Aussage über die Auswirkung des Abnutzungsgrades auf das Mahlergebnis treffen lässt, wäre in weiteren Untersuchungen und Versuchen herauszufinden, was der Grund für die Verklumpung war, um diesen dann abzustellen. Erst dann können weitere Siebungen erfolgen.

In diesem Versuch wurde auch nicht auf die Temperatur der Mahlscheiben, sowie die Materialien eingegangen. Welche Auswirkung diese Faktoren haben, könnte Ziel von zukünftigen Untersuchungen sein.

Es lässt sich festhalten, dass alleine der Mahlvorgang durch sehr viele Faktoren beeinflusst werden kann, was auch das Endergebnis, den Kaffee, je nach Bedingung anders schmecken lässt. Jeder muss hier, seinem Geschmack entsprechend, die besten Parameter finden und den eigenen Vorlieben anpassen.

8. Ergänzung – Messung mittels Laserbeugungstechnik

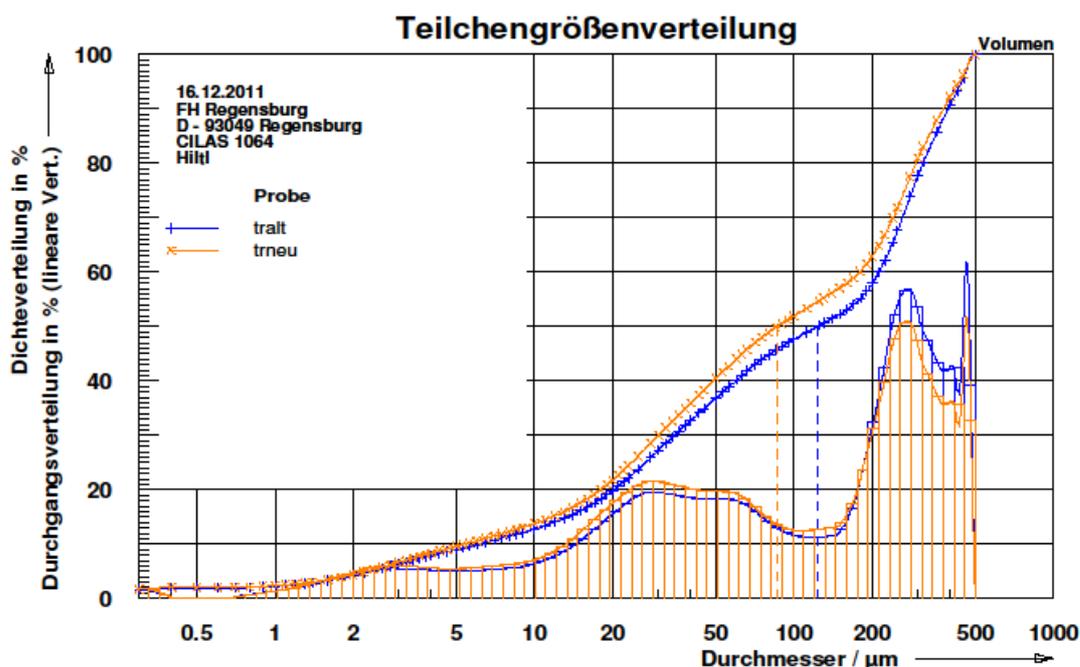
8.1. Einleitung

Während der Aufnahme der Messreihen am Siebturm, ergab sich die Möglichkeit weitere Messungen mit Hilfe eines Laserbeugungsmessgerätes im Labor von Prof. Dr. Goldmann durchzuführen. Ein herzlicher Dank geht dabei an Emma Hiltl, die im Rahmen ihrer Bachelorarbeit folgende Messungen durchführte und uns die Ergebnisse zur Verfügung stellte.

Sie verwendete dabei die von uns gemahlene Proben, die auch im Siebturm verwendet wurden, jedoch mit vorherigem Aussieben der Teilchen $\geq 500\mu\text{m}$, da diese die zulässige Teilchengröße im Laserbeugungsmessgerät überschreiten würden.

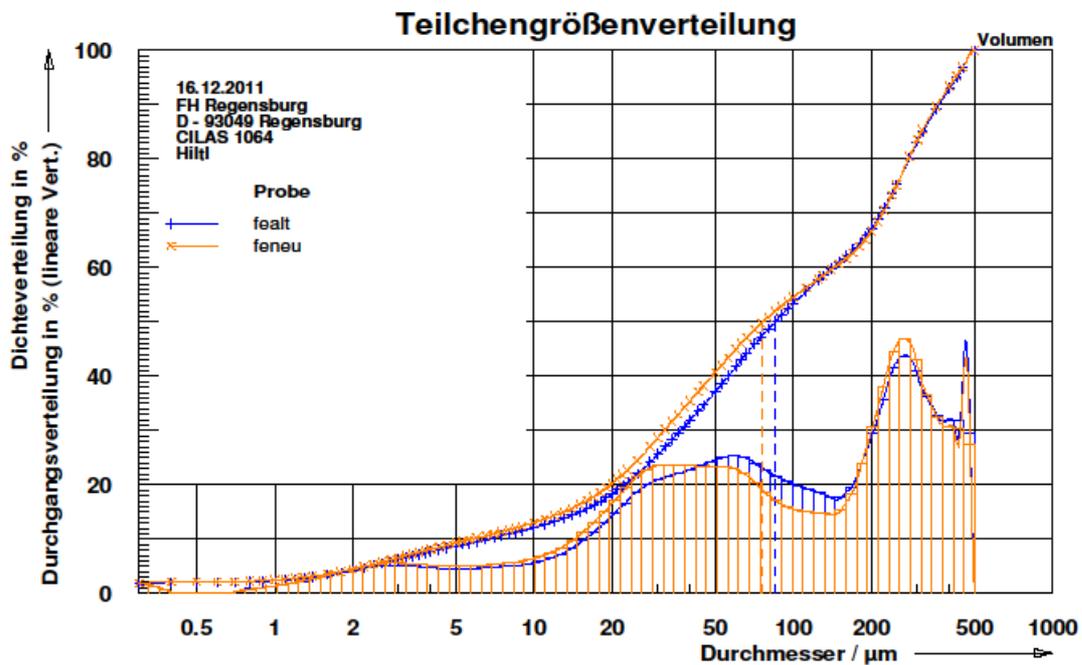
8.2. Ergebnis

8.2.1. Vergleich Trocken alt / Trocken neu



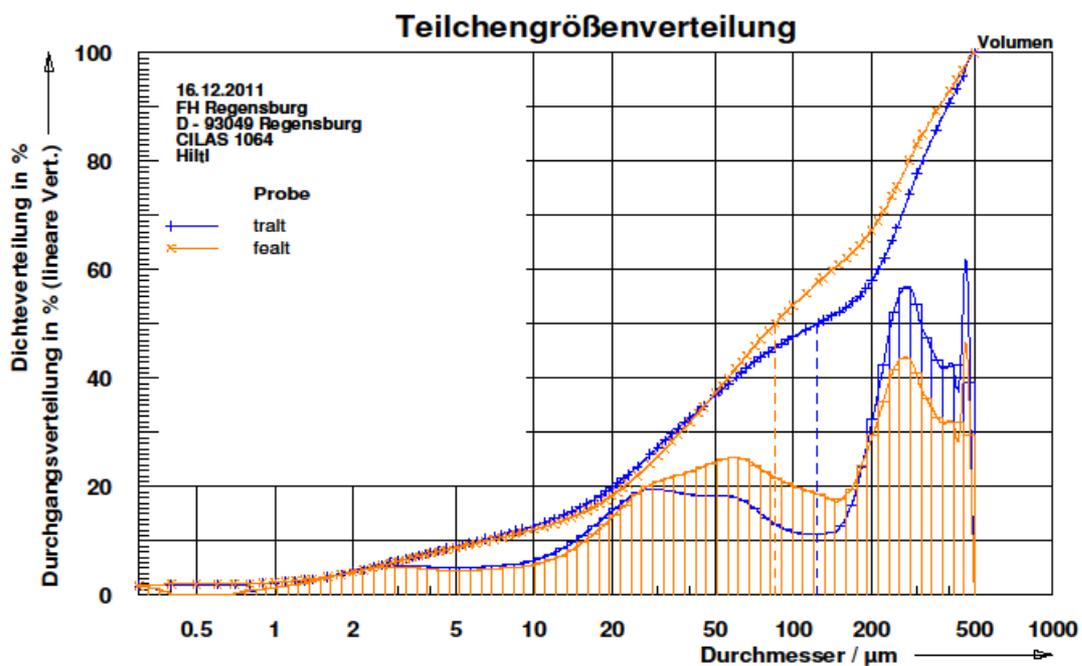
Beim Mahlen mit trockenen Bohnen ergibt sich bei Verwendung der neuen Mahlscheiben ein feineres Mahlergebnis, d.h. eine geringe mittlere Teilchengröße.

8.2.2. Vergleich Feucht alt / Feucht neu



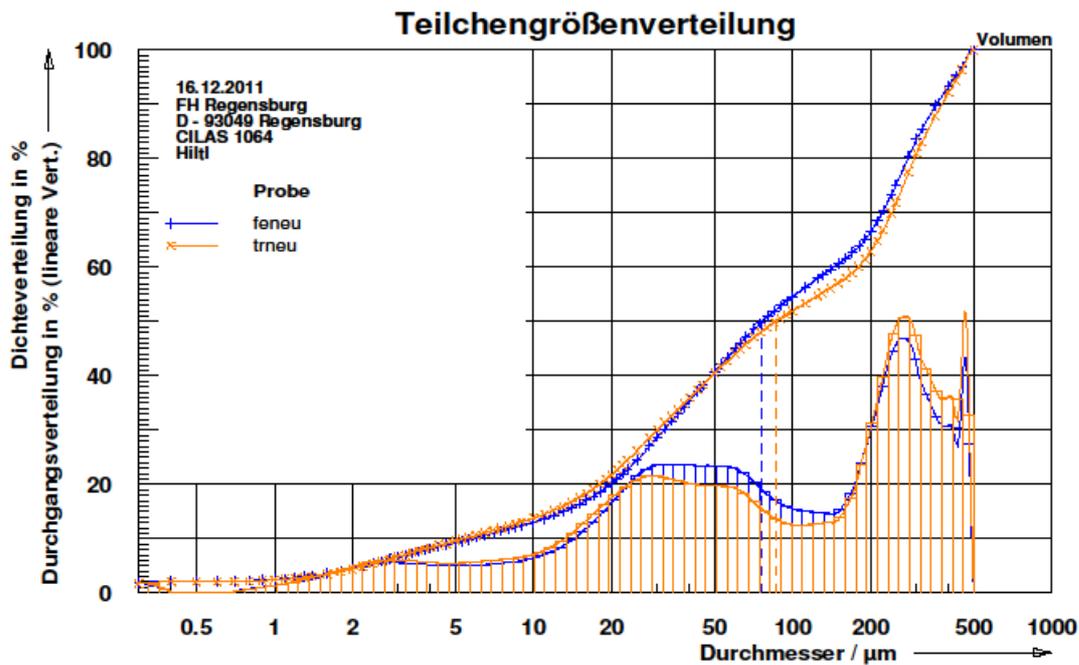
Auch beim Mahlen mit feuchten Bohnen wird bei Verwendung der neuen Mahlscheiben ein feineres Mahlergebnis erzielt. Der Unterschied im Vergleich mit trockenen Bohnen fällt jedoch geringer aus.

8.2.3. Vergleich Trocken alt / Feucht alt



Die feuchten Bohnen ergeben im Bereich von 25 – 150 μm einen deutlich höheren Anteil und im Bereich von 200 – 500 μm einen auch deutlich zu sehenden geringeren Anteil in der Mengenverteilung. Feuchtigkeit in den Bohnen führt also zu einer Verkleinerung der mittleren Teilchengröße im Vergleich zu trockenen Bohnen.

8.2.4. Vergleich Trocken neu / Feucht neu



Hier ist die Links-Verschiebung im Spektrum bei weitem nicht so stark ausgeprägt wie im alt-alt – Vergleich, aber in denselben Bereichen, nämlich von 25 – 150/170 μm und von 200 – 500 μm .

8.3. Deutung

Bei Betrachtung des Vergleichs alte / neue Mahlscheiben zeigt sich, sowohl bei trockenen als auch bei feuchten Bohnen eine Abnahme der mittleren Korngröße. Jedoch fällt der Unterschied bei feuchten Bohnen geringer aus. Dies lässt die Vermutung zu, dass es eventuell zu einem, durch Feuchtigkeit bedingten, Zusetzen der Mahlscheiben kommt, was wiederum den Einfluss des Scheibenzustands verringern könnte. Festzuhalten ist aber, dass durch neuere Mahlscheiben ein feineres Kaffeemehl erreicht wird.

Das Ergebnis aus der Messreihe mit dem Siebturm wurde, aufgrund der Verklumpungen in den oberen Sieben, als nicht verwertbar eingestuft. Jedoch wurde die Vermutung aufgestellt, dass die mittlere Korngröße bei neuen Mahlscheiben wohl geringer ausfallen müsste. Dies hat sich nun, unter Verwendung eines weiteren Messverfahrens, bestätigt.

Beim Vergleich trockene / feuchte Bohnen zeigt sich eine Abnahme der mittleren Korngröße bei Zunahme der Feuchtigkeit.

Diese Feststellung wiederum widerspricht der ersten Untersuchung, wonach es mit Zunahme der Feuchtigkeit zu einer Zunahme der mittleren Teilchengröße kommt. Hier könnten zur Verifizierung weitere Messungen durchgeführt werden

Eine weitere Aussage konnte jedoch belegt werden. Die Feuchtigkeit in Bohnen zeigt beim Mahlen mit neuen Mahlscheiben nur einen geringen Einfluss auf das Mahlergebnis. Man kann also davon ausgehen, dass mit der Verwendung neuer Mahlscheiben ein konstanteres Mahlerzeugnis erreicht werden kann, egal wie hoch der Feuchtigkeitsgehalt in den Bohnen ist. Da aber mit dem Austausch der alten durch die neuen Mahlscheiben ein feineres Mehl entsteht, muss der Mahlgrad an der Mühle in jedem Fall nachgestellt werden.

Auftragung aller Messungen in einem Diagramm:

