

Untersuchung des Einflusses der
elektrostatischen Aufladung von
Stäuben auf die Neigung dieser
Stäube zur Staubwolkenbildung

Ergänzung zu F-05-9901

Ergänzung zu Projekt Nr. F-05-9901

Untersuchung des Einflusses der
elektrostatischen Aufladung von Stäuben
auf die Neigung dieser Stäube zur
Staubwolkenbildung

Dirk Lorenz
Diplom-Physiker

Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten
Bereich Prävention, Zentrallabor

Michael Seithel
Techniker

Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten
Bereich Prävention, Zentrallabor

Mannheim, Juli 2004

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	2
1.1 Allgemeines	2
1.2 Staubungsneigungsapparatur	3
1.3 Bisherige Erkenntnisse	4
1.4 Zielsetzung	4
2 Experimentelle Untersuchung	5
2.1 Staubaufladung bei ausgebautem Rührer	5
2.1.1 Versuchsbeschreibung	5
2.1.2 Versuchsergebnisse	5
2.2 Staubaufladung bei eingebautem Rührer	8
2.3 Staubaufladung bei Verwendung einer Rüttelrinne	10
3 Diskussion der Ergebnisse	13
3.1 Elektrostatik	13
3.2 Staubungsneigung	13
3.3 Schlussfolgerung	14
Literaturverzeichnis	15

Liste der Symbole

Symbol	Einheit	Bedeutung
E	–	Eigenkonstruktion
h_G	mm	Einbauhöhe eines Drahtgitters in eine Messkammer
r. F.	%	allgemein: relative Feuchte
S_N	g/m^3	Staubungsneigungskenngröße
U_{\max}	V	beobachtete maximale Spannung am Messgitter
Z	–	Zubehör

Zusammenfassung

An der Apparatur zur Bestimmung der Staubungsneigung von Schüttgütern, welche im Rahmen des FSA-Projektes F-05-9901 entwickelt wurde, wird untersucht, wie sich Variationen an der Vorrichtung zur Staubzufuhr (Dosiersystem) auf die elektrostatische Aufladung des zu untersuchenden Staubes (Prüfstaub) bzw. auf die Höhe der Messgröße der Neigung des Staubes zur Staubwolkenbildung (Staubungsneigung) auswirken. In [1] wurde festgestellt, dass die genannte elektrostatische Aufladung im Dosiersystem geschieht und dass sie einen erheblichen Einfluss auf die Messgröße Staubungsneigung hat.

Vier Messdurchläufe werden durchgeführt, wobei der Rührer aus dem bisher benutzten Dosiersystem ausgebaut ist, da dieser in Verdacht steht, hauptsächlich die elektrischen Ladungen zu erzeugen. Dieser Verdacht bestätigt sich nicht. Daraus folgt, dass die elektrostatische Aufladung des Prüfstaubes in der Doppelförderschnecke des Dosiersystems passiert. Ohne Rührer im Vorratsbehälter des Dosiersystems ist die gemessene Staubungsneigung höher (als mit Rührer) bei gleichzeitig geringerer Staubfördermasse pro Messdurchlauf, was auf eine Agglomeration des Prüfstaubes bei Anwesenheit des Rührer schließen lässt. Als Referenz zu diesen Versuchen werden anschließend drei weitere Versuch bei eingebautem Rührer durchgeführt. Die Ergebnisse werden bestätigt.

Um zu sehen, ob die elektrostatische Staubaufladung durch alternative Dosiereinrichtungen entscheidend beeinflusst werden kann, werden drei Versuchsdurchläufe durchgeführt unter Verwendung einer Rüttelrinne als Dosiersystem. Es werden ähnlich hohe elektrostatische Staubaufladungen beobachtet wie bei Verwendung des herkömmlichen Dosiersystems. Die gemessene Staubungsneigung des Prüfstaubes ist bei Verwendung der Rüttelrinne deutlich erhöht und weniger gut reproduzierbar als unter Verwendung des herkömmlichen Dosiersystems. Ein weiterer Versuch mit der herkömmlichen Anlage bestätigt diese Ergebnisse.

Die Verwendung der Dosiereinrichtung mit Doppelförderschnecke und Rührer im Dosierbehälter in Kombination mit einer Ring-Ionisationselektrode zur weitgehenden elektrostatischen Entladung des Prüfstaubes stellt folglich einen guten Kompromiss dar zwischen exakten und reproduzierbaren Messergebnissen einerseits und mäßigem messtechnischen Aufwand sowie Praxisnähe der Messapparatur andererseits.

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Allgemeines

In der Nahrungsmittelindustrie gehört die Verarbeitung brennbarer Stäube zum täglichen Geschäft. Diese Stäube können in der Regel Staubexplosionen verursachen, wenn sie erstens in Form einer Staubwolke vorliegen, wenn zweitens genügend (Luft)sauerstoff vorhanden ist und wenn drittens eine Zündquelle vorhanden ist. Das gleichzeitige Auftreten dieser drei Bedingungen kann in der Nahrungsmittelindustrie nicht ausgeschlossen werden, d. h. es müssen Explosionsschutzmaßnahmen an den Anlagen ergriffen werden. Wie aufwendig solche Maßnahmen sind, hängt von der Explosionsgefährlichkeit der verarbeiteten Stäube ab. Letztere wird mit Hilfe von explosions-technischen Kenngrößen beschrieben, die z. B. in den Staublabors der BGN bzw. FSA bestimmt werden. So gibt es Kenngrößen, die den maximalen Explosionsüberdruck angeben, den zeitlichen Druckanstieg oder etwa die Mindestenergie, die notwendig ist, um eine bestimmte Staubwolke zur Explosion zu bringen (zu zünden). Bis heute gibt es jedoch keine Kenngröße, die die Neigung eines Staubes zur Staubwolkenbildung beschreibt. Dabei ist das Vorliegen einer Staubwolke eine Grundvoraussetzung für das Stattfinden einer Staubexplosion. Wegen des Fehlens dieser Kenngröße kann es zu groben Fehleinschätzungen von Explosionsgefahren kommen: Wird in einer Anlage z. B. ein Staub verarbeitet, der anhand seiner klassischen Kenngrößen als sehr gefährlich eingestuft werden muss, der jedoch nur äußerst schwerfällig eine Staubwolke bildet, so ist davon auszugehen, dass überzogene Explosionsschutzmaßnahmen ergriffen werden, was zu einer unnötig hohen finanziellen Belastung des Unternehmens führen kann. Die FSA hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, sowohl eine Kenngröße „Staubungsneigung“ einzuführen als auch eine Apparatur zu entwickeln, mit der eine solche Kenngröße bestimmt werden kann (Projekt F-05-9901).

1.2 Apparatur zur Bestimmung der Staubungsneigung von Schüttgütern

Die Apparatur zur Bestimmung der Staubungsneigung von Schüttgütern („Staubungsneigungsapparatur“) besteht aus einer Dosiereinrichtung, aus der der zu untersuchende Staub mit Hilfe einer Förderschnecke bei konstantem Volumenstrom in eine Messkammer gefördert wird, d. h. der Staub tritt aus der Schnecke aus und fällt auf den Boden der Kammer (Fallstrecke: 670 mm). Innerhalb der quaderförmigen Messkammer bildet sich so - je nach Staubungsneigung des zu untersuchenden Staubes - eine mehr oder weniger dichte Staubwolke, deren Konzentration mit Hilfe des Staubkonzentrationsmessgerätes SKG 5 (eine Eigenentwicklung der FSA) über eine definierte Staubbeförderung und anschließende Sedimentationszeit gemessen wird. Die Kenngröße „Staubungsneigung“ S_N per Definition ergibt sich dann aus der zeitlichen Integration über die Staubkonzentration dividiert durch die Förder- und Sedimentationszeit. Abschließend wird die so bestimmte Kenngröße in eine von 6 Staubungsneigungsklassen eingeteilt. Diese Klassen wurden von der FSA aufgrund langjähriger Erfahrungen festgelegt.



Abbildung 1.1: Apparatur zur Bestimmung der Staubungsneigung von Schüttgütern.

1.3 Bisherige Erkenntnisse

Im Jahr 2003 wurden umfangreiche Untersuchungen an der Staubungsneigungsapparatur durchgeführt, um diese zu optimieren. So wurde festgestellt, dass sich die untersuchten Stäube in der Dosiereinrichtung der Apparatur elektrostatisch aufladen, was einen erheblichen Einfluss auf die Staubungsneigung der Stäube hat. Je höher die Aufladung, desto niedriger die Neigung eines Staubes zur Staubwolkenbildung. Aus diesem Grund wurde in die Apparatur eine Elektrode (Ring-Ionisor) integriert, die den zu untersuchenden Staub vor dem Eintritt in die Messkammer elektrisch entlädt. Weiterhin wurde untersucht, welchen Einfluss die Staub- und die Luftfeuchtigkeit auf die Staubungsneigung haben. Es wurde festgestellt, dass - zumindest bei hygroskopischen Stäuben - die Luftfeuchtigkeit erst oberhalb von 60 % r. F. einen merklichen Einfluss auf die Staubungsneigung hat. Im Labor treten solch hohe Luftfeuchtigkeiten nicht auf, weshalb dieser Parameter nicht berücksichtigt werden muss. Anders sieht das bei der Staubfeuchtigkeit aus. Mit zunehmender Staubfeuchtigkeit sinkt die Staubungsneigung stark. Zu untersuchender Staub muss also unter Luft- und Feuchtigkeitsabschluss gelagert werden.

Ein bestehender Norm-Vorschlag zur Einführung der explosionstechnischen Kenngröße „Staubungsneigung“ wird derzeit überarbeitet und soll anschließend ins Englische übersetzt werden. In naher Zukunft soll dieser Vorschlag offiziell bei den zuständigen Stellen für nationale und internationale Normung eingereicht werden.

1.4 Zielsetzung

In [1] wird gezeigt, dass sich nur schwer ein genau definierter Ladungszustand des Prüfstaubes herstellen lässt. Angenähert ist dies möglich, wenn man den Probenbehälter der Apparatur für jede Messung neu füllt und darüber hinaus den im vorigen Abschnitt erwähnten Ring-Ionisor zur Staubentladung benutzt. Eine vollständige Staubentladung ist aber auch durch diese Maßnahmen nicht zu erreichen. Optimieren könnte man die Staubentladung, indem zunächst die Quelle der Aufladung genau lokalisiert und diese anschließend durch geeignete Gegenmaßnahmen ausgeschaltet bzw. in ihrer Wirkung minimiert wird. Wie in [1] ausgeführt wird, kommen als Ort der Staubaufladung im wesentlichen der Rührer im Vorratsbehälter und die Förderschnecke für den Produktaustrag in Frage. Ziel dieser Untersuchung ist es, durch Ausbauen des Rührers und Messen der Staubaufladung den Anteil der Gesamtaufladung des Staubes zu bestimmen, der durch den Rührer hervorgerufen wird. Anschließend soll untersucht werden, ob alternative Staubeintragsmethoden eine Verringerung der Staubaufladung bewirken können.

Kapitel 2

Experimentelle Untersuchung

Die hier durchgeführten Messungen wurden weitestgehend an die Messreihen in [1] angelehnt. Prüfstaub (Maisstärke) und experimenteller Aufbau wurden direkt übernommen.

2.1 Staubaufladung bei ausgebautem Rührer

Zunächst sollte festgestellt werden, wie hoch der Anteil des Rührers innerhalb des Vorratsbehälters an der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes ist. Dazu wurde der Rührer ausgebaut und die nachfolgend beschriebenen Messungen durchgeführt.

2.1.1 Versuchsbeschreibung

Ein Drahtgitter wurde horizontal in die Messkammer in einer Höhe von 460 mm über dem Kammerboden eingebracht. Mit dem Influenz-Elektrofeldmeter EMF 58 wurde die am Gitter über die Versuchsdauer anliegende Spannung gemessen. Die Spannung am Gitter ist die Folge eines Ladungstransfers vom durch das Gitter fallenden Prüfstaub auf das Gitter. Die maximale Höhe der Spannung ist proportional zur Höhe der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes. Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 2.1 skizziert.

2.1.2 Versuchsergebnisse

Es wurden vier vollständige Messzyklen mit ausgebautem Rührer durchgeführt, wobei beim vierten Messzyklus der Ring-Ionisor eingeschaltet war im Gegensatz zu den ersten drei Versuchen. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 2.1 sowie in Abbildung 2.1 dargestellt. Wie man Abbildung und Tabelle entnimmt, ist die Staubungsneigung durchweg höher als bei Messungen ohne eingebauten Rührer (siehe Abschnitt 2.2 oder [1]). Weiterhin fällt auf, dass die Aufladung am Gitter stets positiv ist, was den Erfahrungen aus [1] zunächst zu widersprechen scheint.

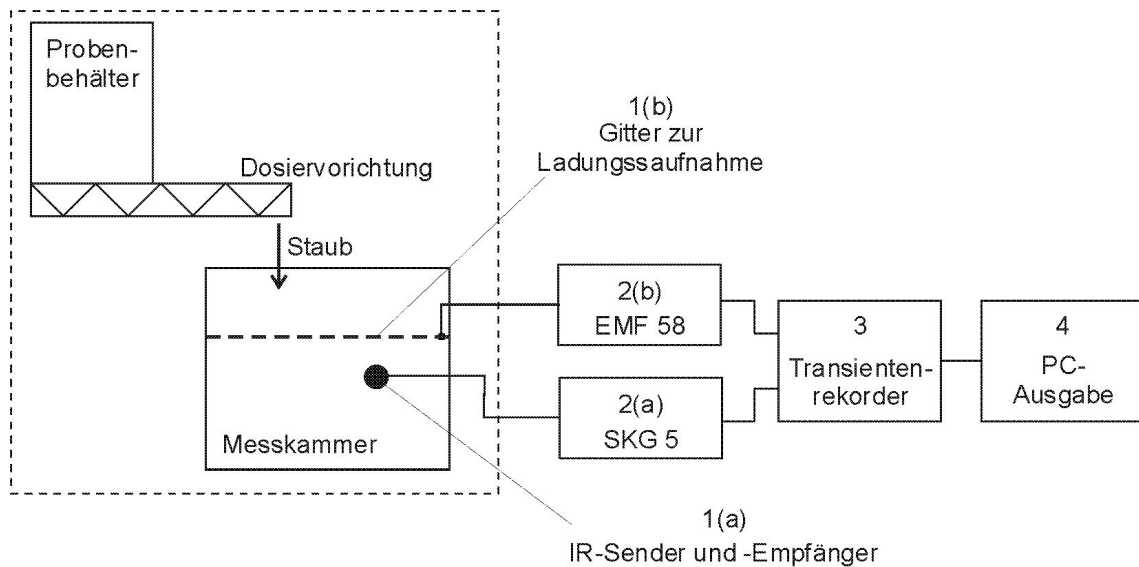


Abbildung 2.1: Messkette zur Erfassung der Staubkonzentration und Spannung am Gitter bzw. Aufladung des Staubes.

Bei genauerem Hinsehen - vor allem auf die Form der aufsteigenden Flanke der Staubkonzentrationskurve und Masse des pro Versuch geförderten Staubes - muss man zu folgendem Schluss kommen: Aufgrund des fehlenden Rührers wird die Förderschnecke mit weniger Produkt beaufschlagt, was bedeutet, dass das Produkt weniger stark komprimiert wird. Agglomeration tritt folglich in geringerem Maße auf als bei Verwendung des Rührers, was zur Folge hat, dass die Staubungsneigung in diesem Betriebszustand größer ist. Weiterhin scheint es so zu sein, dass eine positive elektrostatische Aufladung des Prüfstaubes die Staubungsneigung des Produktes begünstigt, wie man Tabelle 2.1 bzw. Abbildung 2.2, entnimmt. Ähnliche Beobachtungen wurden auch in [1] gemacht. Ergänzt man die dort beschriebenen Messergebnisse mit denen aus Tabelle 2.1 und trägt sie grafisch auf, so erhält man das Ergebnis aus Abbildung 2.3. In dieser Abbildung zeigt sich ganz klar eine Bestätigung für die Abhängigkeit zwischen Höhe der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes und der Höhe der gemessenen Staubungsneigung.

Versuch	Ring-Elektrode	S_N [g/m ³]	Klasse	U_{\max} [V]	Rückwaage [g]
1	aus	13,1	5	(+500,0)	2.114
2	aus	12,9	5	+468,8	2.180
3	aus	14,5	5	+578,1	2.176
4	ein	11,1	5	+125,0	2.146

Tabelle 2.1: Messergebnisse bei ausgebauten Rührer im Dosiersystem. Die Einbauhöhe des Messgitters h_G betrug 460 mm.

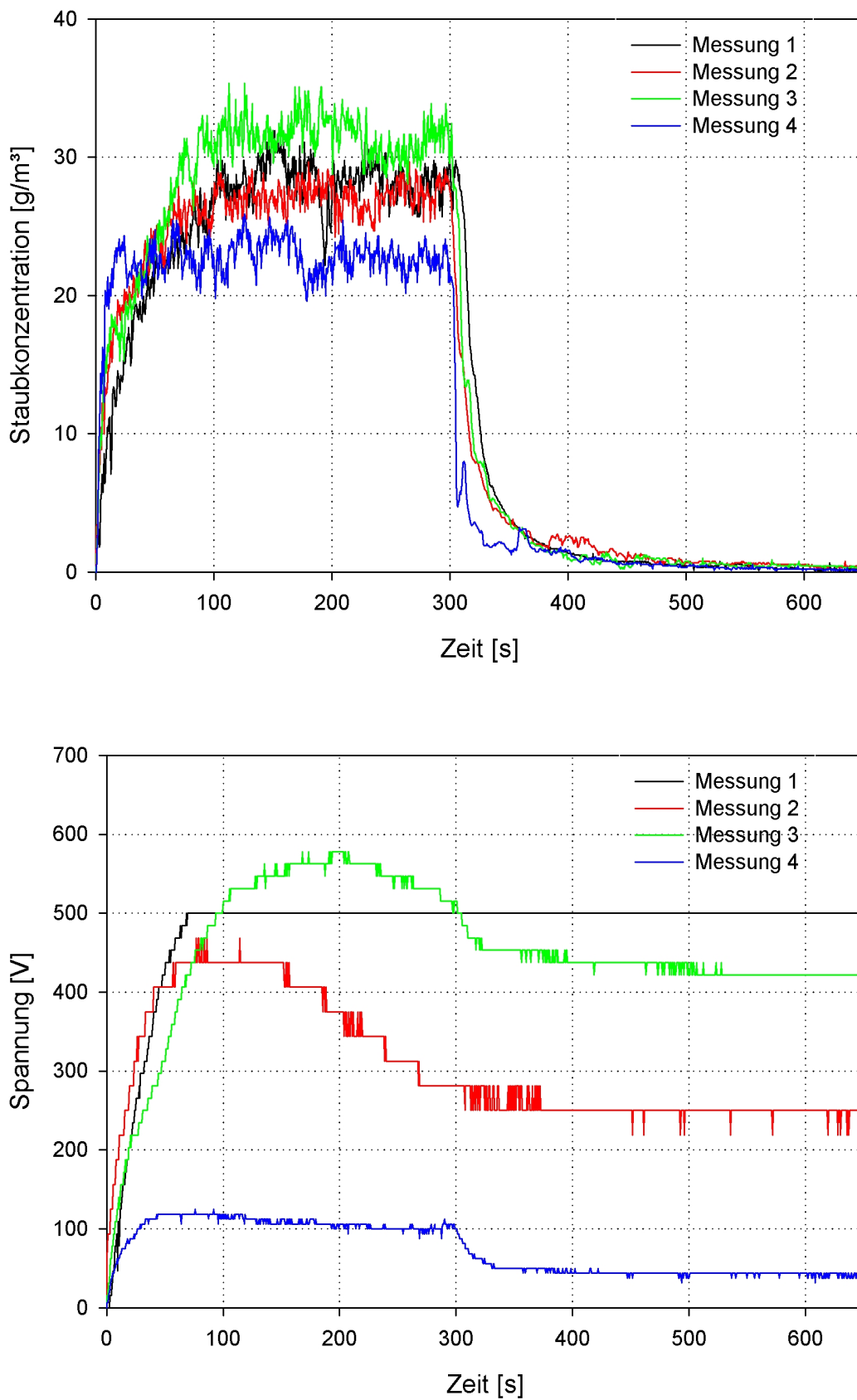


Abbildung 2.2: Gemessene Staubungsneigung bei ausgebautem Rührer (oben) sowie die zugehörigen zeitlichen Spannungsverläufe am Messgitter (unten). Bei Messung 4 war der Ring-Ionisator eingeschaltet.

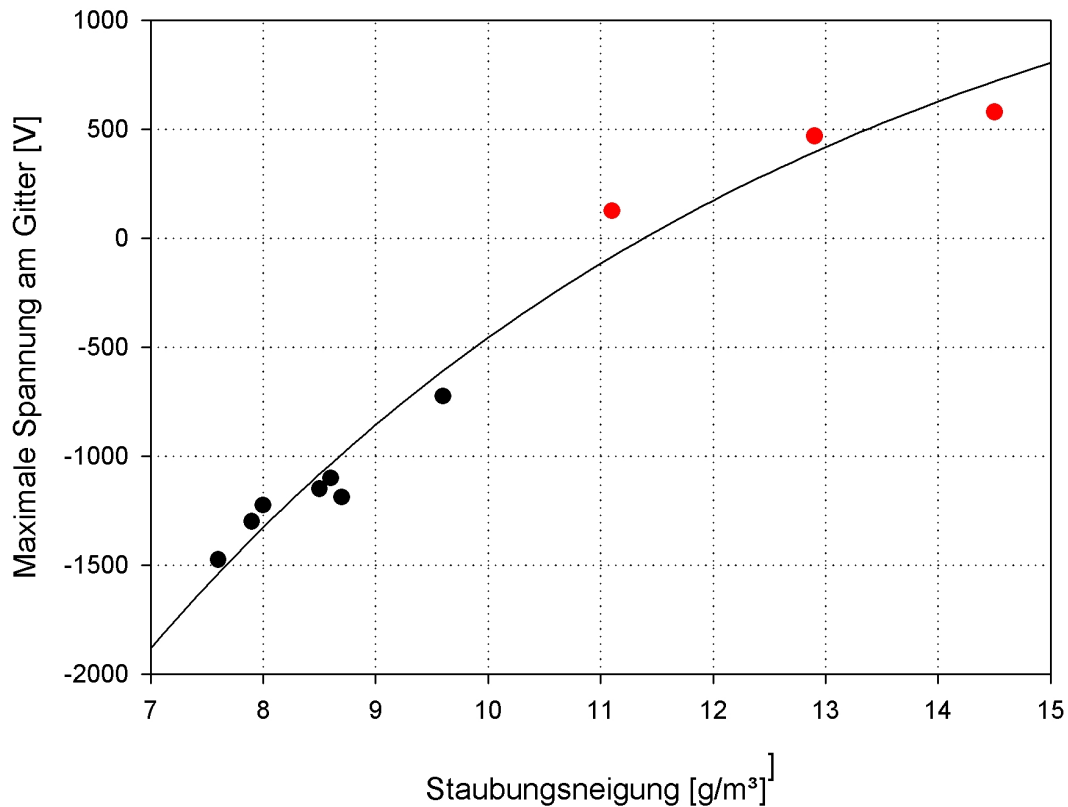


Abbildung 2.3: Abhängigkeit zwischen der Höhe der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes und der Höhe der Staubungsneigung. Die schwarzen Messpunkte stammen aus [1], die roten Messpunkte sind die Ergebnisse der Versuche 2, 3 und 4.

Der Grund für die positive Aufladung des Staubes ist sehr wahrscheinlich die vorhandene Produktfeuchte, die aufgrund der langen, offenen Lagerzeit des Produktes mindestens 5% betragen haben sollte. In [1] wurde gezeigt, dass feuchte Maisstärke sich relativ gering elektrostatisch und zuweilen auch positiv auflädt. Die positive Aufladung ist also kaum auf das Fehlen des Rührers zurückzuführen.

2.2 Staubaufladung bei eingebautem Rührer

Um vergleichende Aussagen zu den im vorigen Abschnitt beschriebenen Messergebnissen machen zu können, wurde der Rührer wieder in das Dosiersystem der Staubungsneigungsapparatur eingebaut und drei weitere Messdurchläufe abgearbeitet. Die Ergebnisse dieser Messungen finden sich in Tabelle 2.2 und grafisch aufbereitet in Abbildung 2.4. Diese Ergebnisse sind im Rahmen der Fehlerschwankungen identisch mit denen, die auch in [1] erzielt wurden. Auffällig ist die gute Reproduzierbarkeit der Staubungsneigung bzw. Staubungsneigungskenngröße und der durchgesetzten Staubmasse pro Messdurchlauf. Im Vergleich zu den Versuchen 1 bis 4 ist die geförderte Staubmasse pro Messdurchlauf um rund 14% und die Staubungsneigungskenngröße um rund 30% höher, was eindeutig auf den Einsatz des Rührers zurückzuführen ist.

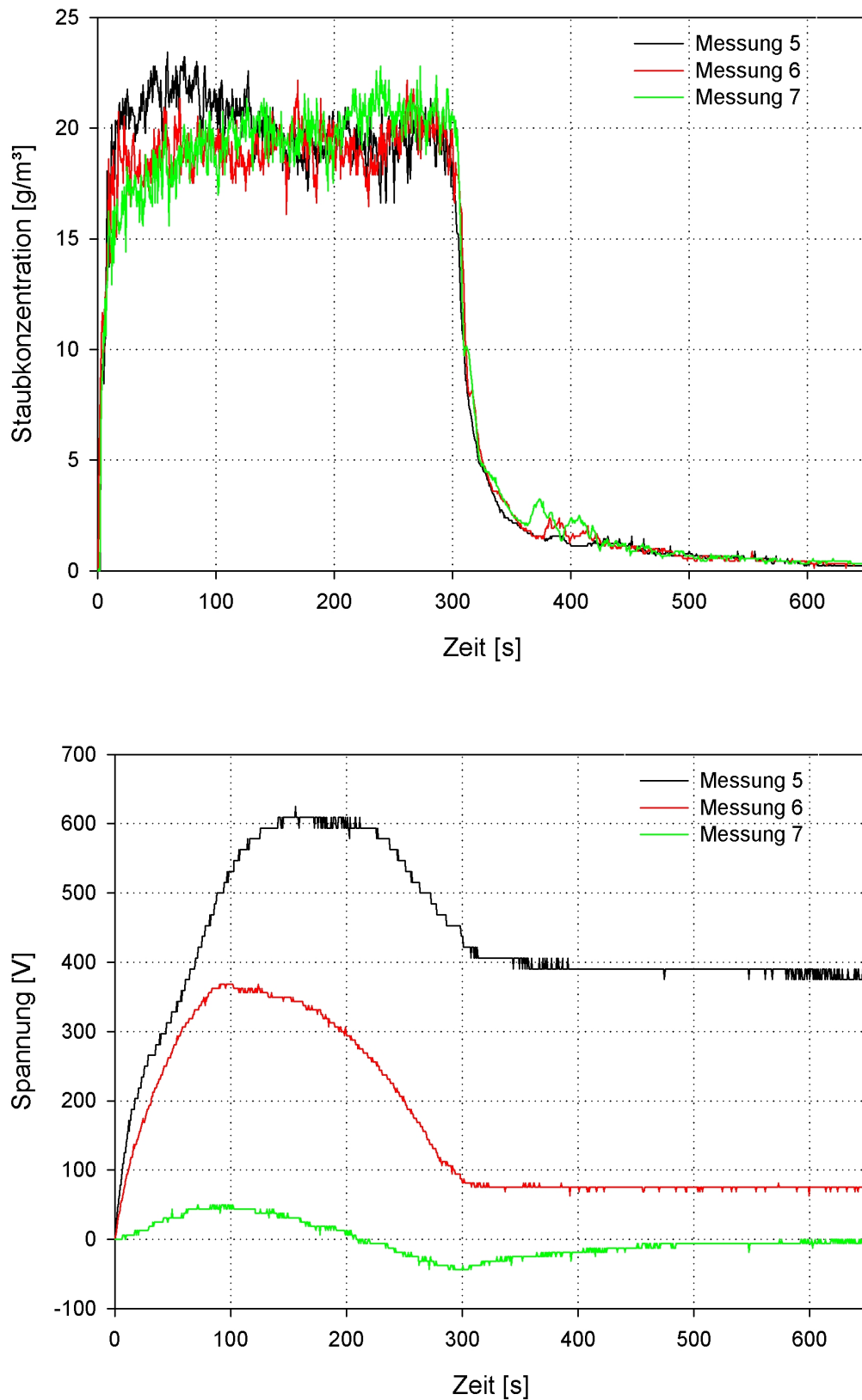


Abbildung 2.4: Gemessene Staubkonzentration bei eingebautem Rührer (oben) sowie die zugehörigen zeitlichen Spannungsverläufe am Messgitter (unten). Bei Messung 7 war der Ring-Ionisator eingeschaltet.

Versuch	Ring-Elektrode	S_N [g/m ³]	Klasse	U_{\max} [V]	Rückwaage [g]
5	aus	9,9	4	+625,0	2.464
6	aus	9,6	4	+368,8	2.532
7	ein	9,8	4	+50,0 / -43,8	2.510

Tabelle 2.2: Messergebnisse bei eingebauten Rührer im Dosiersystem. Die Einbauhöhe des Messgitters h_G betrug 460 mm.

Bei Messung 5 ist die Staubungsneigung leicht erhöht weil die positive elektrostatische Aufladung des Prüfstaubes im Vergleich zu der der Versuche 6 und 7 leicht erhöht ist (siehe vorheriger Abschnitt). Weil die gemessene elektrostatische Aufladung der Maisstärke sowohl bei den Versuchen ohne Rührer als auch bei den Versuchen mit Rührer ähnlich hoch und von gleicher Polarität war, kann daraus geschlossen werden, dass der Rührer keinen wesentlichen Einfluss auf die Aufladung des Prüfstaubes hat. Die elektrostatische Aufladung des Prüfstaubes muss also in der Förderschnecke passieren.

2.3 Staubaufladung bei Verwendung einer Rüttelrinne

Um zu sehen, ob eine elektrostatische Aufladung des Prüfstaubes auch bei Verwendung alternativer Fördertechniken auftritt, wurden weitere Versuche durchgeführt unter Verwendung einer Rüttelrinne zur Produktdosierung. Bei Versuch 8 wurde dabei die zur Förderapparatur gehörige Rinne durch eine Eigenkonstruktion ersetzt, was bei den Versuchen 9 und 10 nicht der Fall war. Versuch Nummer 11 diene nochmals als Referenzversuch, d. h. es fand das herkömmliche Dosiersystem Verwendung. Die Resultate der Versuche zeigen Tabelle 2.3 bzw. Abbildung 2.5.

Versuch	Dosiersystem	S_N [g/m ³]	Klasse	U_{\max} [V]	Rückwaage [g]
8	Rinne (E)	5,8	3	+390,6	498
9	Rinne (Z)	(21,3)	(5)	+453,1 / -312,5	2.244
10	Rinne (Z)	26,7	5	+62,5 / -367,2	2.364
11	Schnecke	12,7	5	+78,1 / -250,0	2.592

Tabelle 2.3: Messergebnisse der Versuche Nummer 8 bis 11. Alle Versuche wurden bei abgeschaltetem Ring-Ionisator durchgeführt. Es bedeutet: (E) = Eigenkonstruktion, (Z) = Zubehör. Die Einbauhöhe des Messgitters h_G betrug 460 mm.

Der Vergleich des Betrages der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes aus den Abschnitten 2.1 bis 2.3 zeigt zunächst, dass die Höhe der Aufladung ähnlich hoch ist, egal ob das herkömmliche Dosiersystem oder die Rüttelrinne für die Produktzufuhr verwendet wird. Das Problem der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes in einem

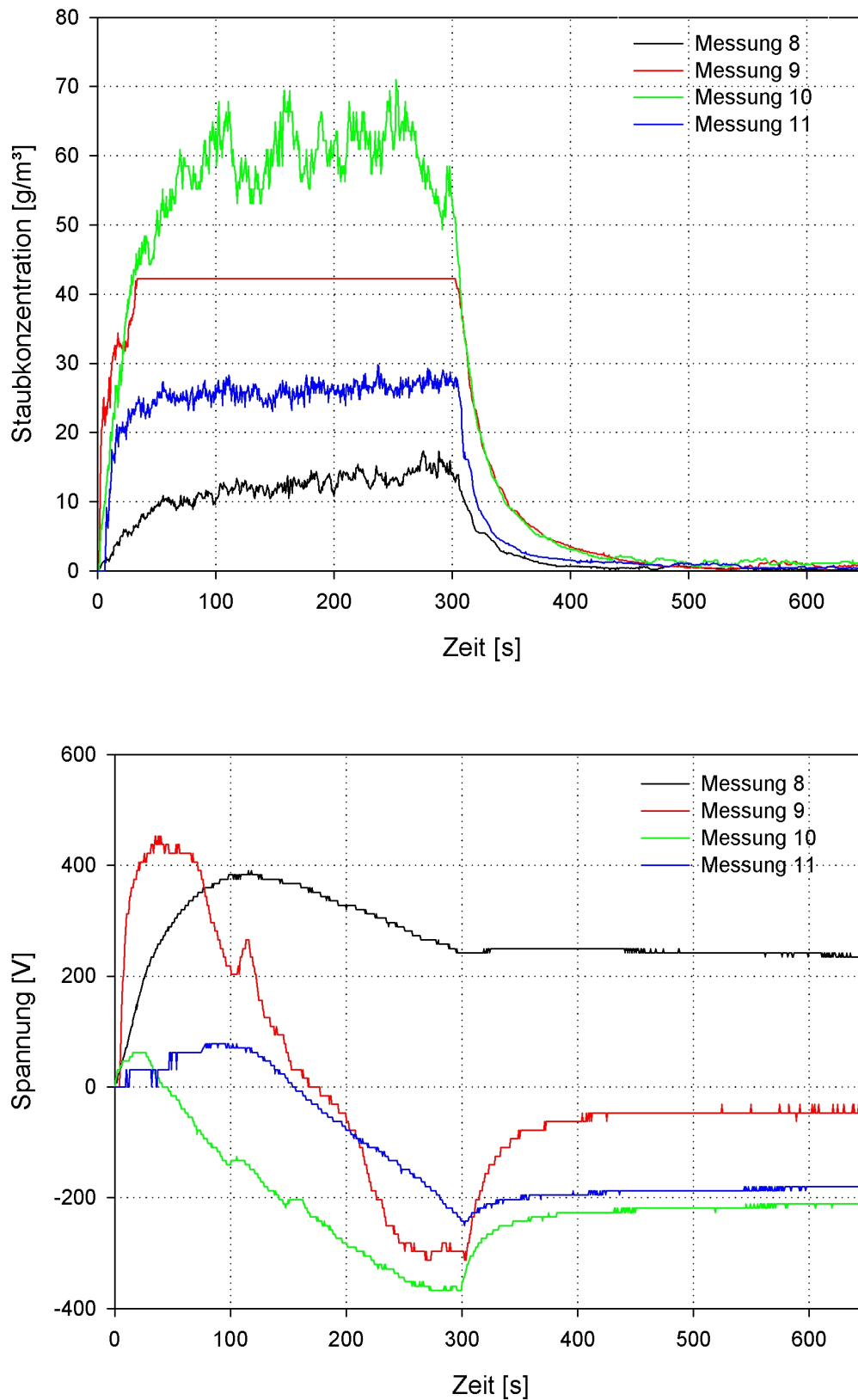


Abbildung 2.5: Gemessene Staubungsneigung (oben) bei Verwendung einer Rüttelrinne als Dosiersystem (Versuche 8 bis 10) und bei Verwendung des herkömmlichen Dosiersystems (Versuch 11). Unten sind die zeitlichen Spannungsverläufe am Messgitter gezeigt, wobei der Ring-Ionisator bei allen Messungen abgeschaltet war.

wie auch immer gearteten Dosiersystem wird sich folglich nicht so einfach lösen lassen. Auffällig ist, dass sich mit steigender Versuchszahl ein Trend zu negativer Produktaufladung einstellte. Das ist damit zu begründen, dass durch den zunehmenden Produktverbrauch tiefer im Sack gelagerte Maisstärke zum Einsatz kam, die eine geringere Produktfeuchte zeigt als die oberen Lagen [1].

Erstaunlich ist, dass bei Verwendung der Rüttelrinne als Dosiersystem die gemessene Staubungsneigung rund 2,5 mal größer ist als bei Verwendung des herkömmlichen Systems. Die geförderte Staubmasse pro Messdurchlauf ist bei Nutzung der Rüttelrinne dabei sogar etwas geringer als bei Verwendung der Förderschneckentechnik. Diese Tatsache zeigt ganz deutlich, dass die Fördertechnik mit Rührer und Doppelschnecke zu starken Kompressions- und Agglomerationseffekten führt, die der Staubwolkenbildung innerhalb der Messkammer entgegen wirkt. Auf der anderen Seite zeigt der Vergleich der Staubkonzentrationskurven aus Messung 10 und 11 in Abbildung 2.5, dass die erhöhte Staubkonzentration in der Messkammer aufgrund der Verwendung der Rüttelrinne durch starke Schwankungen im zeitlichen Verlauf der Staubkonzentration erkauft wird. Diese Schwankungen wirken einer guten Reproduzierbarkeit der Messungen entgegen.

Kapitel 3

Diskussion der Ergebnisse

3.1 Elektrostatik

Betrachtet man die Ergebnisse der Messung der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes beim Durchlauf durch die Apparatur zur Bestimmung der Staubungsneigung von Schüttgütern, so stellt man fest, dass offensichtlich bei jeder Fördertechnik, bei der Staub und Metallteile der Dosiereinrichtung aneinander reiben, elektrostatische Aufladungsprozesse stattfinden. Als Fazit kann aus diesem Ergebnis gezogen werden, dass eine Ausschaltung der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes mit Hilfe einer alternativen Fördertechnik nicht ohne Weiteres realisiert werden kann. So lässt sich beispielsweise durch den Ausbau des Rührers aus dem Dosiersystem der Staubungsneigungsapparatur die elektrostatische Aufladung des Prüfstaubes kaum senken. Reibung zwischen Staub und Teilen der Förderapparatur kann kaum vermieden werden, es sei denn, es wird ein hoher technischer Aufwand betrieben oder beispielsweise eine Fallklappe verwendet, die ein gewisses Volumen an Staub schlagartig freigibt. Diese Varianten widersprechen aber der grundlegenden Philosophie der im Rahmen von F-05-9901 entwickelten Apparatur zur Bestimmung der Staubungsneigung von Schüttgütern, dass möglichst praxisnahe Fördertechniken simuliert werden sollen. Die Entladung des elektrisch geladenen Staubes mit Hilfe einer Ring-Ionisationselektrode senkt die Aufladung so weit ab, dass eine Beeinflussung der Messgröße Staubungsneigung aufgrund elektrostatischer Aufladung des Prüfstaubes hinreichend ausgeschaltet wird. Die aufwendige Suche bzw. Konstruktion nach einer Dosiereinrichtung, die den Prüfstaub möglichst wenig elektrostatisch auflädt, steht folglich in keinem Verhältnis zu der zu erwartenden Verbesserung der Messergebnisse.

3.2 Staubungsneigung

Lässt man den Aspekt der elektrostatischen Aufladung des Prüfstaubes außer acht, was gemäß Abschnitt 3.1 legitim ist, so bietet die Verwendung des herkömmlichen Dosiersystems mit Rührer und Doppelschnecke an der Staubungsneigungsapparatur einige Vorteile.

Zunächst lässt sich der Volumenförderstrom des Prüfstaubes in die Messkammer über die Umdrehung der Schnecken pro Minute exakt einstellen. Der Rührer im Vorratsbehälter sorgt dabei dafür, dass keine Luftblasen oder Leerräume gefördert werden. Die gute Reproduzierbarkeit der geförderten Staubmasse pro Messdurchlauf ist ein Beleg dafür. Bei einer Fördertechnik mit Rüttelrinne ist dies z. B. nicht gegeben, weil das geförderte Staubvolumen pro Messdurchlauf von den Reibungseigenschaften des Prüfstaubes abhängig ist.

Die oben genannte Konstanz in der Staubvolumenförderung pro Messdurchlauf wird durch einen gewissen Komprimierungs- und dadurch hervorgerufenen Agglomerationsgrad des Prüfstaubes erkauft. Dieser scheinbare Nachteil erweist sich bei genauerem Hinsehen als Vorteil. Erstens wird dadurch der Messbereich der Staubungsneigungsapparatur nach oben erweitert. Einige sehr stark staubende Produkte, wie z. B. Mark-erbsenstärke, würden sich mit der Rüttelrinnentechnik als Dosiereinrichtung gar nicht mehr messtechnisch erfassen lassen. Zweitens werden Schwankungen im zeitlichen Verlauf der Staubkonzentration in der Messkammer gering gehalten, was der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu Gute kommt.

3.3 Schlussfolgerung

Die Verwendung der Dosiereinrichtung mit Doppelförderschnecke und Rührer im Dosierbehälter in Kombination mit einer Ring-Ionisationselektrode zur weitgehenden elektrostatischen Entladung des Prüfstaubes stellt einen guten Kompromiss dar zwischen exakten und reproduzierbaren Messergebnissen einerseits und mäßigem messtechnischen Aufwand sowie Praxisnähe der Messapparatur andererseits.

Literaturverzeichnis

- [1] K. LAUER: *Untersuchung des Einflusses der elektrostatischen Aufladung von Stäuben auf die Neigung dieser Stäube zur Staubwolkenbildung*, Diplomarbeit, Fachhochschule Mannheim und Forschungsgesellschaft für angewandte Systemicherheit und Arbeitsmedizin, 2003.