

# Staubemissionen aus Getreideannahmestellen

TORSTEN HINZ

Institut für Biosystemtechnik

## 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Bei der Getreideproduktion werden hauptsächlich während der Ernte und den nachfolgenden Arbeiten wie Reinigung, Trocknung, Verladung und Transport von den entsprechenden Anlagenteilen Stäube in die Umwelt freigesetzt. Um die Umweltverträglichkeit solcher Anlagen sicherzustellen, sind Auflagen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) einzuhalten, wenn es sich um gewerblich betriebene Anlagen handelt. Ausgenommen ist die Verarbeitung von selbstgewonnenem Getreide oder Tabak im landwirtschaftlichen Betrieb (1, 2). Die Auflagen bestehen darin, daß Grenzwerte bezüglich des Massenstromes und der Staubkonzentration einzuhalten sind, nötigenfalls durch emissionsmindernde Maßnahmen z.B. den Einsatz von Enstaubern. Bei Massenströmen bis 0,5 kg/h dürfen Konzentrationen von 150 mg/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden, sonst nicht mehr als 50 mg/m<sup>3</sup>.

Zweck jeder Emissionsbegrenzung ist es, schädliche oder erheblich belästigende Umwelteinwirkungen zu minimieren. Im Genehmigungsverfahren für Neuanlagen kann als Nachweis eine Immissionsprognose, d.h. die Vorausberechnung möglicher Immissionsbelastungen verlangt werden. Hierzu wird die Wirkungskette der Stoffausbreitung nach Bild 1 zugrunde gelegt (3).

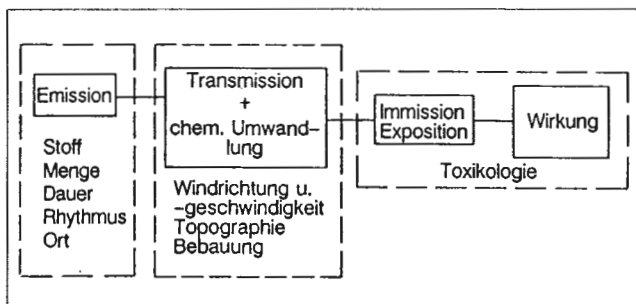


Bild 1: Wirkungskette Stoffausbreitung.

Die Wirkung einer Emission leitet sich von der emittierten Substanz, der emittierten Menge pro Zeiteinheit und der Zeitdauer ab. Weiterhin sind von Interesse der Emissionsrhythmus, d.h. ob die Emission kontinuierlich erfolgt oder wie z.B. bei den betrachteten Anlagen der Getreideproduktion im absätzigen Betrieb in einem relativ kurzen Zeitraum des Jahres, und es sind die örtlichen Gegebenheiten, d.h. Topografie und Bebauung zu berücksichtigen. Die Transmission erfolgt unter den Einflüssen des natürlichen Windfeldes, wodurch sich eine

anfangs vorgegebene Quellkonzentration verringert, bis sie als Immission auf einen Akzeptor trifft. Abgesehen von den Verdünnungseffekten der Transmission ist die Immission jedoch hauptsächlich vom Emissionsstrom abhängig.

Es besteht die Aufgabe, die von stationären Anlagen der Getreideproduktion (Trockner, Reinigung, Getreideannahme) ausgehenden Emissionsströme zu quantifizieren. Dies geschieht durch Messung. Die ermittelten Emissionsströme werden hinsichtlich der Auflagen nach BImSchG beurteilt, d.h. mit den vorgegebenen Grenzwerten verglichen. Zusätzlich werden die Emissionsdaten von Trocknung und Reinigung in einer Immissionsprognose verrechnet und die resultierenden Immissionszusatzbelastungen bestimmt.

Da in einigen Fällen die Grenzwerte bezüglich der Staubkonzentration überschritten werden, wird am Beispiel einer Getreidereinigungsanlage die Eignung von zwei Fliehkraftstaubern zur Emissionssenkung untersucht. Hierzu werden aus den Ergebnissen der Emissionsmessung und den bekannten (vorgegebenen) Stufenentstaubungsgradkurven der Abscheider die Staubströme errechnet, die nach dem Enstaubungsvorgang noch in die Umwelt gelangen.

## 2. Emissionen

Im Rahmen der Forschungsarbeiten des Institutes für Biosystemtechnik über Emissionen aus ortsfesten Anlagen der landwirtschaftlichen Produktion werden die Emission und die Ausbreitung luftfremder Stoffe aus Getreideannahmestellen mit den Anlagenteilen Schüttgasse, Reinigung und Trocknung ermittelt.

### 2.1 Messung

Zur Messung der Staubemission wird entsprechend der VDI-Richtlinie 2066 (4) verfahren. Diese schreibt vor, daß der Staubgehalt  $c$  eines Emissionsstromes durch eine geeignete isokinetische Teilstromentnahme bestimmt wird. Wird der Staubgehalt dieses Teilprobenstroms mit dem Gesamtabluftvolumenstrom  $\dot{V}$  multipliziert, so erhält man den gesamten emittierten Massenstrom  $m$ :

$$\dot{m} = c \dot{V} \quad (1)$$

Zur Beurteilung der Staubwirkung und zur Berechnung des Staubniederschlages im Umfeld einer Staubquelle ist die Kenntnis der Teilchengrößenverteilung notwendig (1). Zu ihrer Bestimmung stand ein elektrolytisch arbeitendes Zählgerät zur Verfügung (5).

Gerät			Anlage A			Anlage B		
			Luftvolumenstrom $\dot{V}$ m <sup>3</sup> /h	Konzentration c mg/m <sup>3</sup>	Massenstrom $\dot{m}$ kg/h	Luftvolumenstrom $\dot{V}$ m <sup>3</sup> /h	Konzentration c mg/m <sup>3</sup>	Massenstrom $\dot{m}$ kg/h
Trockner	Warmluft	Gerste	6065	102,7	0,62			
			5670	56,6	0,32			
	(x)	Weizen	6065	3,36	0,02	5304	72,4	0,384
			6065	1,2	0,007			
	Kaltluft	Gerste	2519	39,2	0,1			
			1884	5,73	0,01			
(x)		Weizen	2519	8,18	0,021	3870	17,1	0,066
			2519	2,9	0,007			
Reiniger		Gerste	6624	19,6	0,13			
			6624	72,6	0,48			
	(x)	Weizen	6624	47	0,31	6017	302,7	1,821
			6624	16,82	0,11	6671	749,8	5,0

(x) vorgereinigt

Tafel 1: Meßergebnisse zur Staubemission von Getreidetrocknung und Reinigung.

## 2.2 Meßergebnisse

In Tafel 1 sind Meßergebnisse für die Anlagenteile Reinigung und Trocknung zweier Getreideannahmestellen A, B dargestellt, die als Beispiele dienen können, ohne repräsentativ für alle anderen Anlagen zu sein.

Die Volumenströme sind nicht auf Normzustand bezogen, sondern stellen Betriebsgrößen dar.

Bei Anlage A liegen Getreidedurchsätze von 2 t/h in der Trocknung und 20t/h in der Reinigung zugrunde. Die entsprechenden Leistungen betragen bei Anlage B 2,5 t/h bzw. 60 t/h. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, daß die Getreideart einen besonderen Einfluß auf die Staubentwicklung hat. Die Messungen wurden daher z.T. für die Getreidearten Weizen und Gerste durchgeführt.

Es ist zu beachten, daß die Emissionen beim Reinigen nach dem zwischengeschalteten Entstauber gemessen wurden, während beim Trocknen kein Entstauber installiert war.

Die vorliegenden Meßergebnisse zeigen den weiten Bereich, in dem die Emissionswerte liegen und daß, die von den Genehmigungsbehörden verlangten Grenzwerte (50 bzw. 150 mg/m<sup>3</sup>) abhängig von der Getreideart einerseits eingehalten, andererseits aber z.T. auch deutlich überschritten werden. Dies gilt für die Werte der Einzelmessungen, die im Hinblick auf eine Beurteilung der Emissionen zu einem Mittelwert zusammengefaßt werden müssen. Dies zumindest insofern, daß entsprechend der Menge der verarbeiteten Getreidearten ein gewichteter Mittelwert aus den einzelnen Arbeitszeiträumen berechnet werden muß:

$$\bar{c} = \frac{\dot{m}_G t_G + \dot{m}_W t_W}{\dot{V}_G t_G + \dot{V}_W t_W} \quad (2)$$

Bei der Anlage A besteht durchschnittlich ein Arbeitszeitverhältnis für Weizen und Gerste von  $t_W/t_G = 2,3$ . Die nach Gl. (2) errechneten Mittelwerte c ergeben sich z.B. zu 26 mg/m<sup>3</sup> bei der Trocknerkaltluft und zu 47 mg/m<sup>3</sup> für die Reinigung. Bei der Beurteilung dieser Werte muß weiterhin Berücksichtigung finden, daß eine derartige Anlage im absetzigen Betrieb und nur in einem geringen Teil der gesamten Jahresstundenzahl arbeitet. Der zur Beurteilung heranzuziehende Jahresmittelwert der Konzentration erniedrigt sich dementsprechend. Diese Tatsache muß sowohl von den Genehmigungsbehörden wie auch den Nachbarn einer solchen Anlage bedacht werden, insbesondere, weil zu einer Beurteilung dieser Emissionen im Hinblick auf eine gesundheitsgefährdende Wirkung zu sagen ist, daß nach dem heutigen Stand des Wissens Stäube, die aus der Getreideproduktion freigesetzt werden, als nicht gesundheitsschädlich eingestuft werden können.

## 3. Immissionsprognose

Zweck des BImSchG ist es, potentielle Akzeptoren vor der Einwirkung von Emissionen zu schützen. Die eigentlich interessierende Größe ist die Immission. Aus diesem Grunde wurden die Immissionszusatzbelastungen C berechnet, die aus den Emissionen der Trocknerwarmluft "Anlage A" mit einem Luftvolumenstrom V von 6065 m<sup>3</sup>/h und einem Massenstrom von 0,62 kg/h sowie den Emissionen der Reinigung "Anlage B" von 6624 m<sup>3</sup>/h und 5 kg/h resultieren.

Als Höhe des Abluftkamins werden 15 m für den Akzeptor 1,5 m angenommen. Berechnet werden die Immissionszusatzbelastung C und der Staubniederschlag d als Funktionen des Quellabstandes in Lee der Quelle, d.h. einem Windeinfallswinkel von  $\alpha = 0^\circ$ , der Ausbreitungs-klasse 3.2 (neutral) und einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s, die im Hinblick auf den Akzeptor den ungünstigsten Fall darstellt, da hier die

Teilchengröße $\mu\text{m}$	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50	
Häufigkeit %	50	25	25	0	(a)
	5	40	40	15	(b)

Tafel 2: **Teilchengrößenverteilung (absolute Häufigkeiten in %) zweier Stäube bei der Getreideproduktion**  
(a) Trockner, (b) Reinigung.

Konzentrationsabnahme mit dem Abstand von der Quelle am geringsten ist. Die Ausbreitung des Staubes und die entsprechenden resultierenden Immissionswerte werden nach dem Ausbreitungsmodell der TA-Luft berechnet /1/. Dafür muß die Teilchengrößenverteilung des emittierten Staubes bekannt sein. Die Teilchengrößenanalysen ergaben in der Klassierung, wie sie in der TA-Luft vorgesehen ist, folgende Verteilungen, Tafel 2.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung, d.h. die Abhängigkeit der Immissionszusatzbelastung C vom Abstand von der Quelle x, sind in Bild 2 dargestellt.

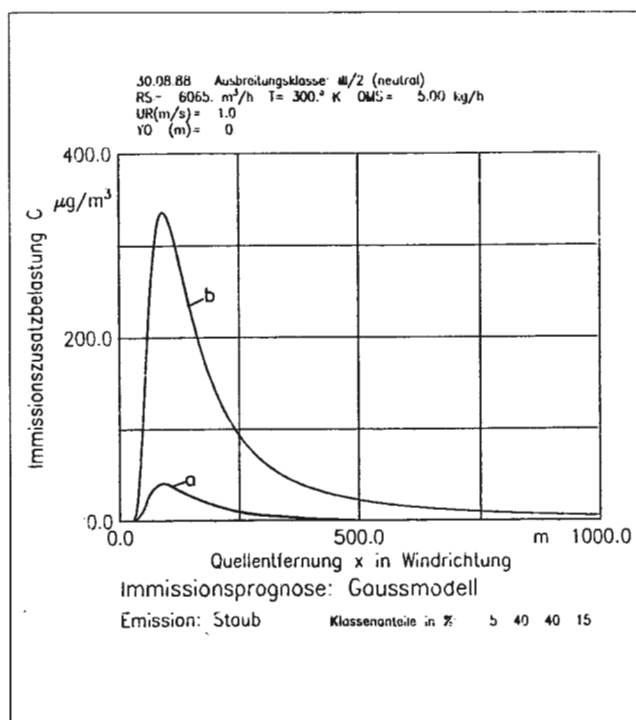


Bild 2: **Immissionsprognose nach TA-Luft; Emissionsdaten nach Tafel 1,2**  
(a) Trockner, (b) Reinigung.

Die maximalen Immissionszusatzbelastungen  $C_{\text{max}}$  treten in ca. 90 m Entfernung von der Quelle auf, erreichen Werte von  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (a) bzw.  $336 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (b) und fallen dann sehr schnell mit dem Abstand auf sehr geringe Werte. Die maximalen Immissionskonzentrationswerte (MIK) zum Vergleich betragen im 1/2 stündigen Mittel  $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , über 24 h gemittelt  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und im Jahresmittel  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (6).

Im Fall der Trocknung wird keiner dieser Werte erreicht, bei der Reinigung werden zumindest der Halbstundenmittelwert und nahezu der Tagesmittelwert eingehalten. Ähnliches gilt für die Staubbiederschläge.

Eine Umweltrelevanz der betrachteten Staubemissionen aus Getreidetrocknung und Reinigung muß daher verneint werden, insbesondere, da noch zu berücksichtigen ist, daß die Voraussetzung in der Berechnung, nämlich ständig auf den Akzeptor weisender kontinuierlicher Wind von 1 m/s, als Extremum angenommen wurde, das in der Praxis aber nie auftreten kann, da Windgeschwindigkeit und -richtung ständig wechseln und ihre Häufigkeiten statistisch verteilt sind (Windrose).

Anders stellt sich die Situation im Nahbereich einer Emissionsquelle dar. Hier kann nicht ohne weiteres der Jahres- oder Monatsmittelwert zur Beurteilung herangezogen werden. Bei entsprechenden Windverhältnissen kann es zu Belästigungen kommen.

Da die nach dem zugrunde gelegten Modell durchgeführten Berechnungen bei bodennahen Quellen und besonders im Nahbereich dieser Quellen nicht zu richtigen Ergebnissen führen, wurde die Abhängigkeit zwischen Staubkonzentration und Abstand von der Staubquelle für die Emission aus einer teilweise eingehausten Schüttgasse gemessen und als relative Konzentration  $c/c_0$  in Bild 3 dargestellt.

Bezugsgröße ist die örtliche Konzentration  $c_0$  am Meßort im Abluftquerschnitt. Es zeigt sich, daß die Konzentration rasch abnimmt und in 15 m Entfernung nur noch 2 % des anfänglichen Wertes beträgt.

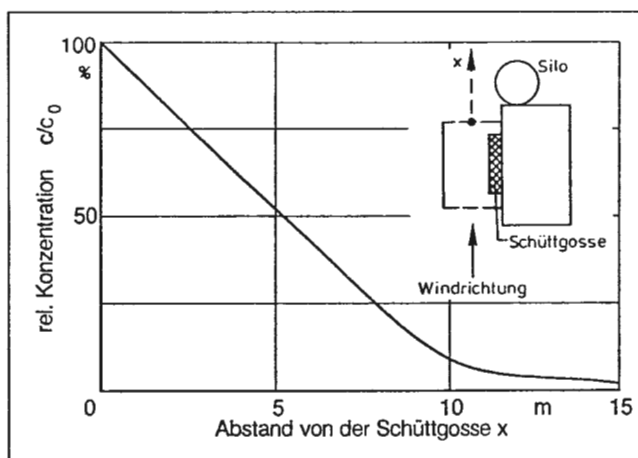


Bild 3: **Relative Konzentration  $c/c_0$  in Abhängigkeit vom Abstand x von der Schüttgasse.**

#### 4. Emissionsbegrenzung durch Fliehkraftentstauber

Sind durch die betrieblichen und örtlichen Gegebenheiten Belästigungen der Nachbarschaft nicht auszuschließen, so sollten emissionsmindernde Maßnahmen ergriffen werden. Es werden hier häufig Fliehkraftentstauber z. B. Zyklone eingesetzt, die sich aufgrund ihrer einfachen Bauweise, ihrer geringen Installationskosten, ihres geringen Raumbedarfs und ihrer Störunanfälligkeit für diesen Anwendungsfall besonders anbieten. Fliehkraftentstauber arbeiten fraktionierend (7), d.h. ihr Entstaubungsgrad ist teilchengrößenabhängig. Bild 4 zeigt die Stufenentstaubungsgrade  $\eta$  st zweier Fliehkraftentstauber.

Kurve I beschreibt die Kurve eines Zyklons, der im Institut für Biosystemtechnik entwickelt wurde (8), Kurve II gibt die Charakteristik eines handelsüblichen Abscheiders wieder.

Nach wiederholtem Absenken des zugelassenen Grenzwertes für die Staubkonzentration stellt sich die Frage, ob Fliehkraftentstauber diesen gesteigerten Anforderungen noch genügen können. Am Beispiel einer Getreidereinigungsanlage wird dies untersucht. Hierzu wurden bei der Reinigung von Gerste und Weizen der Luftvolumenstrom  $\dot{V}$  und die Staubkonzentration sowie die Teilchengröße in der Abluft der

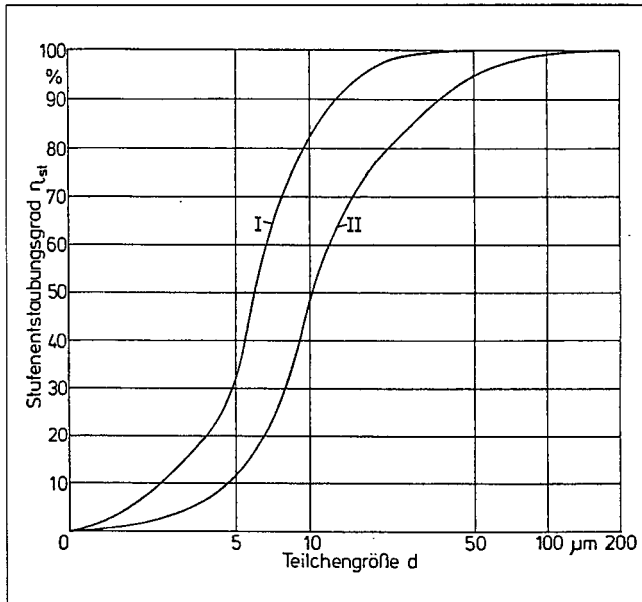


Bild 4: Stufenentstaubungsgrad  $\eta_{st}$  zweier Fliehkraftentstauber I Zyklon BST, II handelsüblich.

Anlage gemessen. Der Terminologie der Entstaubungstechnik folgend, wird die staubhaltige Luft, die einem Entstauber zugeführt wird, als Rohgas, die Luft, die ihn verläßt, als Reingas bezeichnet, Bild 5.

Für die untersuchte Anlage wurden die reingasseitigen Werte von Konzentration und Staubmassenstrom sowie der resultierende Gesamtabscheidegrad  $\eta_G$  aus den rohgasseitigen Meßwerten und den Stufenentstaubungsgradkurven nach Bild 4 berechnet:

$$\eta_G = \frac{1}{100} \int_{D=0}^{D=100} \eta_{st}(d) dD_{roh} \quad (3)$$

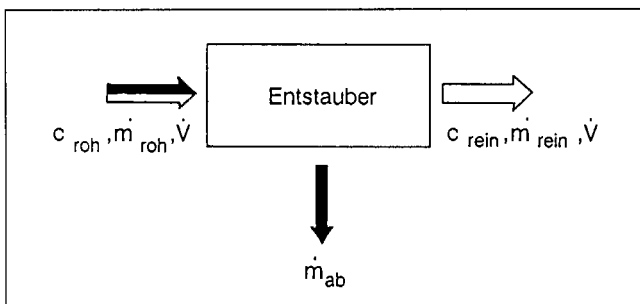


Bild 5: Prinzipskizze Entstaubung.

$$c_{rein} = c_{roh} (1 - \eta_G/100) \quad (4)$$

Zur Durchführung der Berechnungen mit dem Differential der Durchgangssumme  $dD_{roh}$  ist die Kenntnis der jeweiligen Teilchengrößenverteilungen des Rohgases notwendig. Bild 6 zeigt die Bereiche der Teilchengrößenverteilung, die bei der Reinigung von Gerste und Weizen im Rohgas auftreten. Die Stäube bei der Reinigung von Gerste sind insgesamt gesehen feiner als die bei Weizen, wenn auch ein relativ großer Überschneidungsbereich besteht.

Für die Berechnung werden für Gerste und Weizen jeweils zwei Fraktionen zugrunde gelegt, die zum einen die feinsten gemessenen Fraktionen D1 (Gerste), D3 (Weizen) zum anderen mittlere Fraktionen D2 (Gerste), D4 (Weizen) charakteri-

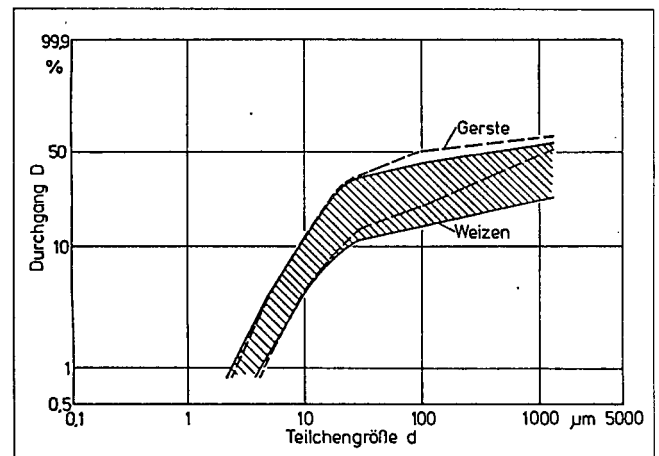


Bild 6: Teilchengrößenverteilungen (Durchgangssumme D) von Stäuben aus einer Getreidereinigungsanlage.

sieren. Die Meßwerte und die Ergebnisse sind in Tafel 3 dargestellt.

Es werden Abluft (Reingas) konzentrationen von 8-20  $\text{mg}/\text{m}^3$  mit dem Zyklon BST (I) und Werte von 18-46  $\text{mg}/\text{m}^3$  mit dem anderen System (II) erreicht. Die Staubmassenströme im Reingas liegen stets unter 0,5  $\text{kg}/\text{h}$ . Der Grenzwert von 0,5  $\text{kg}/\text{h}$  wird bei den vorliegenden Luftdurchsätzen von 5200/5500  $\text{m}^3/\text{h}$  bei einer Konzentration von ca. 90,0  $\text{mg}/\text{m}^3$  erreicht. Erst oberhalb des Wertes von 0,5  $\text{kg}/\text{h}$  gelten 50  $\text{mg}/\text{m}^3$  als Grenzwert. Es läßt sich nun abschätzen, wie groß die Rohgaskonzentration einer artgleichen Anlage sein darf, damit dennoch dieser Grenzwert eingehalten wird. Unter Annahme des Entstaubungsgrades des Zyklons errechnet sich dieser theoretische Wert zu 700  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Aus diesen Ergebnissen kann man folgern, daß es durchaus möglich ist, Getreidestäube mit einem Zyklon ausreichend gut abzuscheiden. Es kommt nur darauf an, daß ein entsprechend optimiertes System zur Verfügung steht.

## 5. Zusammenfassung

Bei der Annahme, Reinigung und Trocknung von Getreide werden Stäube freigesetzt und gelangen in die Umgebung. Die Umweltverträglichkeit gewerblich betriebener und demnach nach dem BImSchG genehmigungspflichtiger Anlagen soll durch die Einhaltung entsprechender Emissionsgrenzwert-

Getreide	Rohgas- konzentration c mg/m <sup>3</sup>	Volumen- durchsatz $\dot{V}$ m <sup>3</sup> /h	Rohgas- staub- massen- strom $\dot{m}$ kg/h	Körnungs- linie	Reingas- konzentration mg/m <sup>3</sup>		Reingas- massenstrom kg/h		Gesamtent- staubungsgrad $\eta_G$ %	
					Entstauber					
					I	II	I	II	I	II
Gerste	292,0	5200	1,5	D1	14,8	32,9	0,086	0,17	94,9	88,7
				D2	19,9	45,9	0,1	0,23	93,2	84,3
Weizen	217,3	5500	1,2	D3	8,0	17,9	0,04	0,1	96,3	91,7
				D4	15,3	33,1	0,09	0,18	92,9	84,7

Tafel 3: Gemessene und berechnete Daten zum Staubauswurf einer Getreidereinigungsanlage.  
(a)Trockner, (b) Reinigung.

te sichergestellt werden. Messungen an einer Getreideannahmestelle zeigten bei der Verarbeitung von Weizen und Gerste Werte oberhalb wie unterhalb dieses Grenzwertes, wobei höhere Werte bei Gerste anfielen. Aus den Mengenanteilen wird ein gewichteter Mittelwert berechnet.

Zur Beurteilung ist die effektive Betriebszeit innerhalb der Ernteperiode im Verhältnis zur Jahresstundenzahl ebenso zu berücksichtigen wie die örtlichen und meteorologischen Bedingungen der Ausbreitung, die wesentlichen Einfluß auf eine mögliche Belästigung der Nachbarschaft durch diese, nach dem heutigen Stand des Wissens, ungefährlichen Stäube haben. Ein weitergehende Umweltrelevanz liegt nicht vor.

In den Fällen, in denen die Grenzwerte (50 bzw. 150 mg/m<sup>3</sup>) überschritten werden, sind Entstauber (Filtrations-, Fliehkraft-) zur Emissionsminderung einzusetzen. Mit Zyklonen lassen sich verglichen mit Filtrationsentstaubern nicht so hohe Abscheidegrade erzielen. Diesem Nachteil stehen als Vorteile für die Anwendung von Zyklonen ihre einfache Bau- und Betriebsweise sowie geringer Platz-, Wartungs- und Kapitalbedarf gegenüber. Es läßt sich zeigen, daß für die vorliegenden Anwendungsfälle mit Fliehkraftentstaubern, die geforderten Grenzwerte zumeist einzuhalten sind. Als Beispiel wird die Staubkonzentration der gereinigten Abluft einer Getreidereinigungsanlage aus den Beaufschlagungsdaten (Rohgaskonzentration, Teilchengröße) und Fraktionsabscheidegraden zweier unterschiedlicher Fliehkraftentstauber errechnet.

Die Berechnung der Staubkonzentration in der Abluft einer Reinigungsanlage aus den Beaufschlagungsdaten sowie den Fraktionsabscheidegraden zeigt, daß mit Fliehkraftabscheidern wie z.B. Zyklonen die geforderten Grenzwert zumeist einzuhalten sind.

#### Dust loading emission by stationary commercial plants for cereal unloading, cleaning and drying

During cereal unloading, cleaning and drying dust will be produced and emitted into the environment. For environmen-

tal compatibility of commercial used plants observance of emission standards is required, because these plants, are subjects to authorization according to the (German) federal law on the prevention of immisions (BImSchG).

Measurements during wheat and barley harvest showed lower as well as higher values compared with given limits. Dust production from barley is more significant. Relating to the manipulated quantities of barley and wheat, a weighed average is to calculate.

For judgement the effective annual working time of the plant must be considered in comparison with the total time of a year. Additional local and meteorological conditions of propagation must be taken into account, which are of essential influence on a possible dust nuisance of the neighbourhood. There is not any further environmental relevance by this kind of emission especially because there are no hazards to human health known up to now.

In the case of necessary diminution of load separators (filtration, centrifugal-force) must be installed. In comparison with filter separators cyclones show not such high separation efficiencies. This disadvantage will be compensated by its simple design and use as well as low expenditure for its local wants, maintenance and costs. In the discussed cases of cereal unloading, cleaning and drying it is to show that the use of centrifugal-force separators mostly ensures observance of limit values. As an example dust concentration of the cleaned air of a grain cleaning machine is calculated from fractionally separation efficiencies of two types of centrifugal-force-separators and the data of load (crude gas concentration, particle size distribution).

#### 6. Literatur

- (1) J o s t, D i e t e r (Hrsg.): Die neue TA-Luft. - Kissing: WeKa Verlag, 1983 und aktuelle Ergänzungen.
- (2) Umweltbundesamt: UMPLIS, Informations- und Dokumentationssystem Umwelt. - Berlin, 6.10.1986.

(3) H i n z , T.: Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion. - Grundl. Landtechnik Bd. 37 (1987) Nr. 6, S. 197/207.

(4) VDI-Richtlinie 2066: Staubmessungen in strömenden Gasen.

(5) H i n z , T.: Untersuchungen zur Staubexposition bei der Getreideproduktion. - Staub Reinhalt. Luft Bd. 43 (1983) Nr. 5, S. 203/207.

(6) VDI-Richtlinie 2310: Maximale Immissions-Werte.

(7) B a t e l , W.: Entstaubungstechnik. - Berlin/Heidelberg/New York: Springer Verlag 1972.

(8) B a t e l , W.: Staubbekämpfung beim Mährescher. - Grundl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 6, S. 173/183.

Verfasser: Hinz, Torsten, Dipl.-Ing.; Institut für Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode(FAL), Leiter: Prof. Dr.-Ing. Axel Munack.