

Simulation und Testung des Schutzgasbetriebs in Trocknereinrichtungen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft

Dr.-Ing. H. Wolf, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik
Dipl.-Chem. G. Beck, KDT/Dipl.-Ing. J. Kunath, KDT
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

CO_{2A} %	Kohlendioxidgehalt (Volumenanteil) des Abgases in der Abgasleitung vor dem Fliehkraftabscheider
\dot{m}_{BS} kg/h	Brennstoffmassenstrom
O_{2A} %	Sauerstoffgehalt (Volumenanteil) des Abgases in der Abgasleitung vor dem Fliehkraftabscheider
O_{2A1} %	Sauerstoffgehalt (Volumenanteil) des Trocknungsgases am Trommelaustritt
O_{2E} %	Sauerstoffgehalt (Volumenanteil) des Trocknungsgases am Trommeleintritt
t_{A1} °C	Temperatur des Trocknungsgases am Trommelaustritt
t_U °C	Temperatur der Umluft

1. Einleitung

Zur Verringerung des Energieaufwands beim Trocknen landwirtschaftlicher Produkte werden seit einigen Jahren Versuche unternommen, Rauchgas-Trommelrockner im Umluftbetrieb zu fahren. Ein Teil des sonst ungenutzt über den Schornstein ausgeblasenen Brüdens wird wieder dem Trocknungsprozeß zugeführt und dadurch der Einsatz an Primärenergieträgern verringert. Der energetische Effekt dieser Brüdenrückführung liegt in einer Brennstoffeinsparung zwischen 8 % und 18 % im Vergleich zum Betrieb mit Frischluftzuführung. Ein weiterer Vorteil des Umluftbetriebs liegt in der Erhöhung der Explosionssicherheit und damit im schutzgüterechten Betrieb von Rauchgas-Trommelrocknern [1].

Die Gewährleistung der Schutzgüte von Trocknern schließt ein, daß Staubexplosionen sicher vermieden werden. Obwohl es sich hierbei um relativ seltene Ereignisse handelt, weisen z. B. veröffentlichte Zahlenangaben über Staubexplosionen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft darauf hin, daß dem Schutz der Menschen und der materiellen Güter größte Aufmerksamkeit gewidmet werden muß [2, 3, 4]. So kommen 8,7 % der Staubexplosionen, an denen Nahrungs- und Futtermittelstäube beteiligt sind, in Trocknungsanlagen vor [5].

Unter den Möglichkeiten der Vermeidung von Staubexplosionen in Rauchgas-Trommelrocknern stellt der Schutzgasbetrieb deshalb eine aussichtsreiche Lösung dar, weil das Schutzgas in Form von brüdenhaltigem Rauchgas unmittelbar im Prozeß entsteht und mit der teilweisen Wiedereinführung des Brüdens in den Prozeß eine sinnvolle Kopplung des energieökonomischen Aspekts mit dem sicherheitstechnischen erreicht werden kann.

Zunächst muß jedoch nachgewiesen werden, ob der für den rationellen Energieeinsatz vorgesehene Umluftbetrieb tatsächlich die für den Explosionsschutz nutzbaren Effekte bringt. Dazu erfolgten in Zusammenarbeit zwischen dem Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim und der Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik der TU Dresden theoretische Untersuchungen. Es wurde ein mathematisches Modell für den Schutzgasbe-

trieb und ein entsprechendes Rechenprogramm aufgestellt sowie mit Hilfe dieses Modells eine Simulation des Schutzgasbetriebs für Rauchgas-Trommelrockner der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft vorgenommen [6].

Einige Aspekte der Anwendung des Schutzgasbetriebs und erste Ergebnisse der Simulation werden nachfolgend dargestellt.

2. Beschreibung des Schutzgasbetriebs mit Umluft

Das Prinzip des Schutzgasbetriebs beruht bekanntlich darauf, daß durch Einspeisen sauerstoffarmer Schutzgase in eine technische Einrichtung der Sauerstoffgehalt unter die minimale zündgefährliche Sauerstoffkonzentration abgesenkt wird, so daß keine heftigen exothermen Oxydationsreaktionen zwischen dem Brennstoff (hier Staub) und dem restlichen Sauerstoff mehr stattfinden können.

Für Stäube von in landwirtschaftlichen Trocknern zu behandelnden Stoffen beträgt die minimale zündgefährliche Sauerstoffkonzentration – in der Literatur verschiedentlich auch als untere Sauerstoffgrenze bezeichnet – zwischen 10 % und 14 % (Volumenanteil). Wenn es also gelingt, im Umluftbetrieb diese Werte zu unterschreiten, und zwar einem Vorschlag nach [1] folgend um etwa 2 % (Volumenanteil), dann können damit Explosionen im Trockner sicher verhindert werden. Hierzu sei angemerkt, daß sich die Brandgefährdung in Trocknereinrichtungen dadurch nicht beseitigen läßt, weil in landwirtschaftlichen Gütern u. U. Glimmbrände noch bei Sauerstoffkonzentrationen unter 3 bis 5 % (Volumenanteil) entstehen und sich allmählich ausbreiten können.

Für experimentelle Untersuchungen und für die Simulation stand ein Rauchgas-Trommelrockner UT 66-2 zur Verfügung, der speziell für Umluftbetrieb ausgerüstet war (Bild 1). Als Trocknungsgas wurden heiße mit Frischluft gemischte Rauchgase verwendet, deren Sauerstoffgehalt beim Durchgang durch den Trockner im fiktiven Fall einer völligen Vermeidung von Falschlufteinbruch durch Anreicherung mit Wasserdampf ständig abnähme.

Bei diesem Trockner wurde das im Umluftbetrieb verwendete Gas unmittelbar hinter der Trommel aus dem Ausfallgehäuse als Teilmenge des mit Wasserdampf angereicherten Rauchgases entnommen. Diese Rauchgas-teilmenge (Rückbrüden) wurde nach Durchlaufen eines speziellen Fliehkraftabscheiders mit Hilfe eines Lüfters zum Feuerraum des Trockners zurückgeführt und dort den frischen Rauchgasen zugemischt.

Um den sicherheitstechnischen Effekt zu erreichen, gilt es, den Sauerstoffgehalt des mit dem Rückbrüden vermischten Trocknungsgases derart zu vermindern, daß bereits beim Eintritt in die Trocknertrommel die gewünschten Sauerstoffkonzentrationen erreicht und dann bis zum Verlassen des Ab-

scheiders in etwa beibehalten werden. Diese Zielgröße Sauerstoffgehalt des Trocknungsgases wird auf ihrem Weg durch den Trockner in entscheidendem Maß von den unterschiedlich zugeführten Luftkomponenten beeinflusst. Hierzu zählen:

- Überschuß der zur Verbrennung der Kohle erforderlichen Unterwind-Luft
- Oberwind-Luft, die zur Temperierung des Trocknungsgases und zur Kühlung des Feuerraums dient
- Falschlufteinbrüche, die durch die beiden am Trommelanfang und am Trommelende befindlichen Ringspalte und durch die Öffnungen der beiden Gutförderschnecken in den Trockner eintreten kann.

Die Falschlufteinbrüche bewirken, daß der Sauerstoffgehalt im Trocknungsgas am Ausgang des Feuerraums am geringsten ist und dann entlang dem Strömungsweg durch den Trockner ansteigt (Tafel 1).

Die Verminderung des Sauerstoffgehalts im Trocknungsgas beim Umluftbetrieb kann mit folgenden Maßnahmen erreicht werden:

- Abdichten der Falschlufteinbruchstellen
 - Einspeisung des Rückbrüdens an den Falschlufteinbruchstellen (im Bild 1 durch gestrichelt gezeichnete Leitungen von der Umluftleitung an die Ringspalte und Gutförderschneckenöffnungen angedeutet)
 - Senkung der Luftüberschußzahl des Unterwindes
 - Erhöhung der Masse des rückgeführten Brüdens.
- Ausgehend von der technischen Realisierbarkeit müssen von vornherein für drei der o.g. Maßnahmen Einschränkungen getroffen werden:

- Zwar ist eine Abdichtung der Ringspalte möglich und wurde am untersuchten Trockner bereits am vorderen Ringspalt realisiert, doch ist eine ausreichende Hermetisierung der Gutförderschnecken infolge des erforderlichen Guttransports (und der damit verbundenen Luftzufuhr) technisch nicht realisierbar.
- Eine Senkung der Luftüberschußzahl des Unterwindes beeinflusst nachteilig den Verbrennungsprozeß im Feuerraum.
- Die Brüdenrückführung ist durch die Förderleistung des Lüfters in der Umluftleitung begrenzt.

Von den aufgeführten Maßnahmen erscheint die Brüdeneinspeisung an den Falschlufteinbruchstellen als besonders günstig. Auch aus sicherheitstechnischer Sicht verspricht diese Maßnahme viel. Wenn man bedenkt, daß

Tafel 1. Gemessener Sauerstoffgehalt (Volumenanteil in %) des Trocknungsgases an verschiedenen Trocknerstellen (nach [6])

Versuch Nr.	O_{2E} %	O_{2A1} %	O_{2A} %
1	10,80	11,01	12,29
2	11,05	11,77	12,08
3	10,68	11,38	12,32
4	10,78	12,25	12,98

Tafel 2. Vergleich der Meß- und Rechenwerte zur Testung des Modells nach [6]

Versuch Nr.	O _{2A} (Volumenanteil in %)			CO _{2A} (Volumenanteil in %)			m _{BS} in kg/h			t _{A1} in °C			t _U in °C		
	Meßwert	Rechenwert	rel. Fehler %	Meßwert	Rechenwert	rel. Fehler %	Meßwert	Rechenwert	rel. Fehler %	Meßwert	Rechenwert	rel. Fehler %	Meßwert	Rechenwert	rel. Fehler %
1	12,29	12,33	+0,32	4,72	3,11	-51,77	4 180	3 747	-11,56	132	252	+ 47,62	112	198	+ 43,43
2	12,08	11,30	-6,90	5,04	3,72	-35,48	3 500	3 671	+ 4,66	193	312	+ 38,14	193	282	+ 31,56
3	12,32	11,61	-6,12	4,71	3,30	-42,73	3 380	3 119	- 8,37	177	256	+ 30,86	195	212	+ 8,02
4	12,98	12,22	-6,22	3,85	3,17	-21,45	2 443	2 382	- 2,56	172	255	+ 32,55	185	214	+ 13,55
5	n. e.	14,35	-	3,00	2,82	- 6,38	940	1 151	+18,33	157	313	+ 49,48	115	242	+ 52,48
6	n. e.	12,88	-	4,00	2,78	-43,88	2 830	2 433	-16,32	123	169	+ 27,22	138	116	- 18,97
7	n. e.	9,78	-	5,30	3,43	-54,52	2 660	2 455	- 8,39	127	58	-118,97	157	49	-220,41

n. e. nicht ermittelt

der Anteil der Falschlufft im Trocknungsgas rd. 30% beträgt und damit die Sauerstoffkonzentration des Trocknungsgases ganz entscheidend beeinflusst, dann ist es folgerichtig, zukünftig nach technischen Realisierungsmöglichkeiten der hier vorgeschlagenen und in den weiteren Ausführungen theoretisch behandelten Schutzmaßnahme, der Brüdeneinspeisung an den Ringspalten und Gutförderschneckenöffnungen, zu suchen.

3. Berechnungsmodell zur Simulation des Schutzgasbetriebs

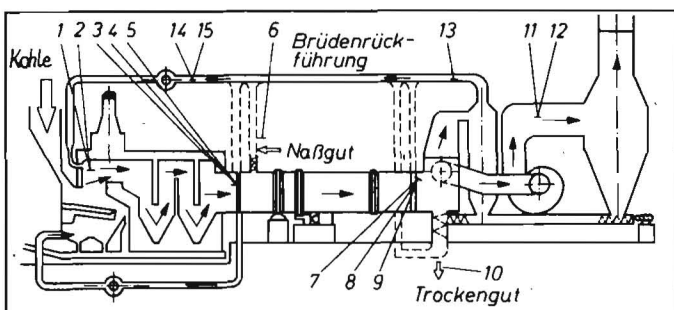
Durch Kopplung bekannter mathematischer Zusammenhänge für die Energie- und Massenbilanzen beim Trocknungsvorgang, für die Rauchgasentwicklung in Abhängigkeit vom Verbrauch an Primärenergieträgern und Frischluft, für die Strömungsvorgänge an den Falschluffeinbruchstellen sowie für die chemische Zusammensetzung der Rauchgase wurden in [7] Berechnungsalgorithmen aufgestellt. Diese konnten unter partieller Einbeziehung eines im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim aufgestellten Modells zur Simulation des Umluftbetriebs an Trommeltrocknern weiterentwickelt werden.

Das weiterentwickelte Modell ist in [6] in Form eines Programmablaufplans dargestellt. Mit ihm kann die mathematische Simulation des Umluftbetriebs erfolgen, um theoretisch begründete Möglichkeiten zur technischen Realisierung des Schutzgasbetriebs in Trommeltrocknern zu zeigen. Folgende Größen werden in das Programm eingegeben:

- Temperatur und Feuchte der Außenluft
- Art und Zusammensetzung des Brennstoffs

Bild 1. Rauchgas-Trommeltrockner UT 66-2 mit Meßstellen:

1 Feuerraumdruck, 2 Feuerraumtemperatur, 3 Trommeleingangsdruck, 4 Trommeleingangstemperatur, 5 CO₂- bzw. O₂-Gehalt am Trommeleingang, 6 Temperatur des Naßgutes, 7 Trommelausgangsdruck, 8 Trommelausgangstemperatur, 9 CO₂- bzw. O₂-Gehalt am Trommelausgang, 10 Temperatur des Trockengutes, 11 Abgastemperatur, 12 CO₂- bzw. O₂-Gehalt im Abgas, 13 Umlufttemperatur 1, 14 Umlufttemperatur 2, 15 CO₂- bzw. O₂-Gehalt in der Umluft



- Eintrittsfeuchte des Naßguts
 - Austrittsfeuchte des Trocknungsguts
 - Massestrom des Trockenguts
 - Massestrom des Abgases (Brüden)
 - Trommeleintrittstemperatur des Frischgases
 - Steuervariablen zur Simulation des Falschluffeinbruchs und der Brüdeneinspeisung an den Ringspalten und Gutförderschnecken
 - Faktor für den Umluftanteil im Oberwind
 - Luftüberschusszahl für den Unterwind.
- Folgende Ergebnisse können mit einem auf der Grundlage des Modells aufgestellten EDV-Programm [8] ermittelt und ausgedruckt werden:
- Brennstoffmassenstrom
 - Sauerstoffgehalt des Abgases
 - Kohlendioxidgehalt des Abgases
 - Temperatur des Trocknungsgases am Trommelaustritt
 - Temperatur des Rückbrüdens.

4. Testung des Modells

Das Berechnungsmodell wurde zunächst anhand von sieben Versuchsreihen auf seine Eignung zur Simulation des Schutzgasbetriebs getestet. Dabei wurden die o. g. fünf ausgedruckten Rechenwerte mit am Rauchgas-Trommeltrockner UT 66-2 erhaltenen Meßwerten verglichen. Der Vergleich der

Meß- und Rechenwerte (Tafel 2) brachte folgende Ergebnisse:

- Für den Sauerstoffgehalt im Abgas bestehen gute Übereinstimmungen zwischen beiden Werten. Die größte relative Abweichung vom Rechen- zum Meßwert beträgt -6,90%.
- Es bestehen noch akzeptable Unterschiede zwischen den Meß- und Rechenwerten für den Brennstoffmassenstrom (größter relativer Fehler +18,33%).
- Die Rechenwerte für den Kohlendioxidgehalt liegen systematisch unter den Meßwerten. Der relative Fehler beträgt zwischen -6,58% und -54,52%. Die Ursachen dafür konnten noch nicht ermittelt werden.
- Für beide Temperaturen liegen die Rechenergebnisse bis auf zwei Ausnahmen weit über den Meßwerten. Das ist möglicherweise damit zu erklären, daß am untersuchten Trockner durch die Entnahme des Brüdens aus dem Ausfallgehäuse undefinierbare Druck- und damit Strömungsverhältnisse auftraten, die zum Absinken der Temperaturen im Ausfallgehäuse und in der Trommel geführt haben könnten.

Aus diesen Ergebnissen können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Das Modell ist für eine Simulation des

Tafel 3. Ausgewählte Varianten zur Simulation des Schutzgasbetriebs am Beispiel des Versuchs 3 nach [6]

Variante	SV	SH	SE	SA	SO	LA	O _{2A} %	CO _{2A} %	m _{BS} kg/h
1	+1	+1	+1	+1	0,63	1,80	12,21	3,20	3 430
2	0	+1	+1	+1	0,63	1,80	11,61	3,30	3 119
3	0	+1	+1	+1	0,68	1,80	11,58	3,35	3 222
4	-1	+1	+1	+1	0,63	1,80	11,54	3,41	3 324
5	+1	+1	-1	+1	0,63	1,80	11,54	3,41	3 324
6	+1	-1	+1	+1	0,63	1,80	11,47	3,48	3 416
7	+1	+1	+1	-1	0,63	1,80	11,47	3,48	3 416
8	+1	+1	+1	+1	1	1,80	11,35	3,36	3 047
9	0	+1	+1	+1	0,63	1,50	11,12	3,38	2 916
10	0	0	+1	+1	0,63	1,80	10,79	3,59	3 089
11	+1	-1	-1	+1	0,63	1,80	10,63	3,75	3 301
12	+1	+1	-1	-1	0,63	1,80	10,63	3,75	3 301
13	-1	-1	+1	+1	0,63	1,80	10,63	3,75	3 301
14	-1	+1	+1	-1	0,63	1,80	10,63	3,75	3 301
15	0	+1	+1	+1	1	1,80	10,50	3,60	2 905
16	-1	-1	-1	+1	0,63	1,80	9,58	4,09	3 181
17	-1	+1	-1	-1	0,63	1,80	9,58	4,09	3 181
18	+1	-1	-1	-1	0,63	1,80	9,51	4,16	3 275
19	-1	-1	+1	-1	0,63	1,80	9,51	4,16	3 275
20	0	0	-1	-1	0,63	1,80	9,27	4,13	3 064
21	0	0	0	0	0,63	1,80	8,62	4,18	2 769
22	-1	-1	-1	-1	0,63	1,80	8,27	4,59	3 212
23	0	0	0	0	1	1,80	x	x	x
24	-1	-1	-1	-1	1	1,80	x	x	x

SV Steuervariable für den vorderen Ringspalt, SH Steuervariable für den hinteren Ringspalt, SE Steuervariable für die Eintragschnecke, SA Steuervariable für die Austragschnecke, SO Faktor für den Anteil des Rückbrüdens am Oberwind, LA Luftüberschusszahl, x Frischluftmangel

Schutzgasbetriebs geeignet, da für die beiden wesentlichen Größen, den Sauerstoffgehalt des Abgases und den Brennstoffmassenstrom, nur geringe Abweichungen zwischen Meß- und Rechenwerten bestehen.

- Um die Ursachen der mangelnden Übereinstimmung der Meß- und Rechenwerte für den Kohlendioxidgehalt und die Temperatur des Abgases aufdecken zu können, muß die Testung des Modells anhand weiterer Versuchswerte fortgesetzt werden.
- Für eine kontrollierte und strömungstechnisch überschaubare Brüdenrückführung ist es im Gegensatz zu der im Bild 1 dargestellten Versuchsanordnung zweckmäßiger, den rückzuführenden Brüdenanteilstrom aus dem Schlot hinter dem Hauptzyklon zu entnehmen. Mit dieser Variante scheint auch der bereits im Abschn. 1 angeführte energetische Effekt einer Brennstoffeinsparung von 8 bis 18% gegenüber Frischluftbetrieb erreichbar zu sein.

5. Simulation des Schutzgasbetriebs von Trocknungsanlagen anhand des Berechnungsmodells

Den Schwerpunkt der Simulation bildete die Veränderung der Gasführung an den Ringspalten und Gutförderschnecken aus den im Abschn. 2 genannten Gründen. Die Simulation an den durch Steuervariablen charakterisierten Stellen des Trockners wurde für drei typische Fälle durchgeführt (Tafel 3):

Versuch 1

Falschlufteinbruch (für die entsprechenden Steuervariablen wird im EDV-Programm der Wert +1 eingesetzt)

Versuch 2

Abdichtung (im EDV-Programm durch die Ziffer 0 für die Steuervariablen charakterisiert)

Versuch 3

Brüden einsparung (hierfür wird der Wert -1 für die Steuervariablen verwendet).

Damit besteht nach einem 3⁴-Versuchsplan die Möglichkeit, 81 verschiedene Kombinationen in die Simulationsrechnung einzubeziehen. Weitere Simulationsmöglichkeiten liegen in der Erhöhung des Brüdenanteils im Oberwind (SO in Tafel 3), in der Verringerung der Luftüberschußzahl im Unterwind (LA) sowie in der Kombination dieser Maßnahmen mit den 81 verschiedenen Varianten der Art der Gasführung an den Falschlufteinbruchstellen. Wegen des hohen rechentechnischen Aufwands und aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden aus der Vielzahl von Variationsmöglichkeiten folgende sicherheitstechnisch relevanten Kombinationen ausgewählt, die in Tafel 3 in der Reihenfolge vom höchsten zum niedrigsten errechneten Sauerstoffgehalt aufgelistet sind und deren Zahlenangaben (in Klammern) der Spalte 1 in Tafel 3 entsprechen:

- Falschlufteinbruch an beiden Ringspalten und Gutförderschnecken (1)
- Abdichtung des vorderen Ringspaltes (2); entspricht dem Istzustand des untersuchten Trockners
- Erhöhung des Brüdenanteils im Oberwind (3) bzw. Verringerung der Luftüberschußzahl bei gleichzeitiger Abdichtung des vorderen Ringspaltes (9)
- Abdichtung beider Ringspalte bei gleichzeitigem Falschlufteinbruch (10) bzw. bei Brüden einsparung an den Gutförderschnecken (20)

- Abdichtung aller Falschlufteinbruchstellen (21)
- systematische Erhöhung der Anzahl der Falschlufteinbruchstellen, an denen Brüden eingespeist werden soll:
 - Brüden einspeisung an einer Falschlufteinbruchstelle (4 bis 7)
 - Brüden einspeisung an zwei Falschlufteinbruchstellen (11 bis 14)
 - Brüden einspeisung an drei Falschlufteinbruchstellen (16 bis 19)
 - Brüden einspeisung an vier Falschlufteinbruchstellen (22)
- völlige Abdichtung des Feuerraums und damit Erhöhung des Brüdenanteils im Oberwind auf 100% bei nachgenannten Grenzfällen:
 - Falschlufteinbruch an allen vier Falschlufteinbruchstellen (8)
 - Abdichtung aller vier Falschlufteinbruchstellen (23)
 - Brüden einspeisung an allen vier Falschlufteinbruchstellen (24)
- Abdichtung des vorderen Ringspaltes bei 100% Brüdenanteil im Oberwind (15).

Von den sieben durchgeführten Versuchen (Tafel 2) wurde der Versuch mit den geringsten Abweichungen zwischen Meß- und Rechenwerten zur Simulation ausgewählt (Tafel 3). Für alle anderen Versuche wurde nur die Brüden einspeisung an allen Falschlufteinbruchstellen simuliert, um die Wirksamkeit dieser sicherheitstechnischen Maßnahmen theoretisch nachweisen zu können (Tafel 4). Die in den Tafeln 3 und 4 aufgestellten Simulationsergebnisse weisen die theoretisch interessantesten Varianten zur Gewährleistung eines Schutzgasbetriebs von Rauchgas-Trommeltrocknern aus:

- Brüden einspeisung an beiden Ringspalten und beiden Gutförderschnecken
Diese Maßnahme wurde als die wirksamste Schutzmaßnahme ermittelt. Der errechnete Sauerstoffgehalt des Abgases liegt bei sechs von sieben Versuchen z. T. beträchtlich unter 10% (Volumenanteil).
- Abdichtung aller Falschlufteinbruchstellen
Diese Variante kann wegen der kaum zu realisierenden Abdichtung der Gutförderschnecken (Abschn. 2) lediglich als Idealvariante angesehen werden. Sie bringt nach Tafel 3 (21) eine Absenkung des Sauerstoffgehalts auf immerhin 8,62% (Volumenanteil) mit sich.
- Abdichtung der Ringspalte und der Brüden einspeisung an den Gutförderschnecken
Diese Schutzmaßnahme stellt eine Teilvariante der kaum zu realisierenden Maßnahme „Abdichtung aller Falschlufteinbruchstellen“ dar. Der rechnerisch ermittelte Sauerstoffgehalt des Abgases liegt nach Tafel 3 (20) bei 9,27% (Volumenanteil).

Tafel 4. Simulationsergebnisse für die Brüden einspeisung an allen vier Falschlufteinbruchstellen (SV=SH=SE=SA=1) nach [6]

Versuch Nr.	LA	O _{2A} %	CO _{2A} %	m _{BS} kg/h
1	1,40	9,41	4,20	3 738
2	1,66	8,64	4,79	3 656
3	1,80	8,27	4,59	3 212
4	1,90	7,23	5,06	2 380
5	2,60	10,28	4,40	1 025
6	1,44	5,25	5,49	2 425
7	1,22	4,22	5,31	2 565

- Brüden einspeisung an drei Falschlufteinbruchstellen
Nach Tafel 3 (16 bis 19) liegt der Sauerstoffgehalt für diese Kombination bei 9,58 bzw. 9,51% (Volumenanteil). Theoretisch erweist sich diese Maßnahme zwar als wirksam, doch ist der Spielraum zu dem Richtwert 10% (Volumenanteil) relativ gering, so daß einer Brüden einspeisung an allen vier Falschlufteinbruchstellen der Vorzug gegeben werden sollte.
- Beeinflussung der Luftüberschußzahl
Mit einer völligen Abdichtung des Feuerraums und damit 100% Rückbrüden im Oberwind könnte bei gleichzeitiger Vermeidung von Falschlufteinbruch an den Ringspalten und Gutförderschnecken durch Abdichtung bzw. Brüden einspeisung bereits vor Erreichen des stationären Zustands ein Sauerstoffgehalt von 7,73 bzw. 6,50% (Volumenanteil) erreicht werden. Ein solches Vorgehen hat aber ebenfalls keine praktische Bedeutung, weil der Verbrennungs- und somit der Trocknungsprozeß wegen Frischluftmangel nach Tafel 3 (23 und 24) beeinträchtigt würde. Eine Beeinflussung der Luftüberschußzahl kann nur bis in einen Größenbereich erfolgen, der noch eine vollständige Verbrennung garantiert.

Die in Tafel 4 angegebenen Luftüberschußzahlen zwischen 1,22 und 1,90 erfüllen diese Forderung und können somit als Richtwerte dienen. Die Luftüberschußzahl des Versuchs 5 liegt mit einem Wert von 2,60 über diesen vorgeschlagenen Richtwerten. Hierbei wird durch den Unterwind so viel Sauerstoff zugeführt, daß es auch durch eine Brüden einspeisung an allen vier Falschlufteinbruchstellen nicht mehr möglich ist, den Sauerstoffgehalt des Trocknungsgases auf weniger als 10% (Volumenanteil) zu senken (Tafel 4).

6. Zusammenfassung

Ein in Zusammenarbeit zwischen der TU Dresden, Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik, und dem Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim erarbeitetes Berechnungsmodell zum Schutzgasbetrieb von Rauchgas-Trommeltrocknern wurde anhand von Meßwerten auf seine Eignung zur Simulation des Schutzgasbetriebs getestet. Die relativ geringen Abweichungen zwischen den Meß- und Rechenwerten bei den beiden wesentlichen Größen, Sauerstoffgehalt des Abgases und Brennstoffmassenstrom, ließen eine Simulation des Schutzgasbetriebs mit dem getesteten Modell zu. Hinsichtlich des Kohlendioxidgehalts des Abgases, der Temperatur des Trocknungsgases am Trommelaustritt und der Umlufttemperatur muß das Modell noch verbessert werden.

Die Simulation des Schutzgasbetriebs mit Hilfe eines EDV-Programms brachte Ergebnisse über mehrere theoretisch mögliche Varianten für den prozeßimmanenten Schutzgasbetrieb in Rauchgas-Trommeltrocknungsanlagen. Als wirksamste Maßnahme erwies sich dabei die Brüden einspeisung an allen vier Falschlufteinbruchstellen. Durch weitere Untersuchungen an einer geeigneten Versuchsanlage müssen diese theoretisch gewonnenen Ergebnisse praktisch überprüft werden.

Fortsetzung auf Seite 329

Neues vom Agrarflug

Umweltfreundliche Düngung aus der Luft

Der Einsatz von aviotechnischen Methoden ergänzt sinnvoll die Anwendung von Boden-geräten und gewährleistet eine ausgezeichnete Qualität bei der Verteilung von Dünger. Der Agrarflug ist in nunmehr 30 Jahren zu einem bedeutenden Intensivierungsfaktor der DDR-Landwirtschaft geworden und aus der modernen Agrikultur auch weltweit nicht mehr wegzudenken.

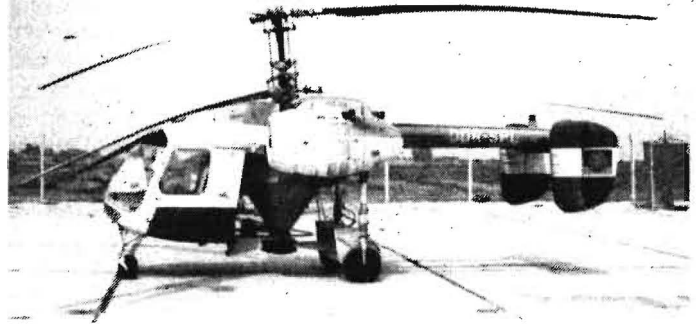
Doch ergibt sich aus dieser Entwicklung zugleich die wachsende Verantwortung, Luft, Gewässer und Boden vor einer Überlastung beispielsweise mit den bei der Bodenverbesserung häufig verwendeten Stickstoffverbindungen (Nitraten) zu bewahren. Dabei gilt es zu bedenken, daß der Einsatz von Agrarflugzeugen und -hubschraubern an sich schon zur umweltschonenden Behandlung der wirtschaftlich genutzten Gebiete beiträgt. Das Agrarflugwesen unterstützt die Landwirte nicht nur zu den agrotechnisch günstigsten Terminen in den betreffenden Ökosystemen, sondern vermeidet auch mechanischen Bodendruck und Pflanzenschädigungen. Mit vielfältigen Maßnahmen berücksichtigen die im Agrarflug der DDR Beschäftigten die Belange des Umweltschutzes. So liegen den Flugzeugführern für jedes Düngemittel und jeden Flugzeugtyp wissenschaftlich begründete und praktisch erprobte Anwendungstechnologien vor, mit deren Hilfe tatsächlich nur so viel bodenverbessernde Stoffe wie nötig zum Einsatz kommen. Diese Vorschriften werden dem neuesten wissenschaftlich-technischen Stand entsprechend ständig aktualisiert. Ihre Einhaltung unterliegt einer strengen Kontrolle, die gleichzeitig zum sparsamen Einsatz von Düngemitteln beiträgt.

Fortsetzung von Seite 328

Literatur

- [1] Wolf, H.; Beck, G.: Staubexplosionsschutz in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft durch Schutzgasbetrieb. Vortrag zur 5. Fachtagung des Fachausschusses Brand- und Explosionsschutz der KDT am 30. und 31. Januar 1984 in Dresden.
- [2] Beck, H.: Bekanntgewordene Staubexplosionen der letzten Jahre. Sichere Handhabung brennbarer Stäube. VDI-Bericht 304, S. 3–12. Düsseldorf: VDI-Verlag 1978.
- [3] Friš, M.: Současný stav problematiky výbušnosti hoflavých práchů (Gegenwärtiger Stand der Problematik der Explosivität brennbarer Stäube). Internationales Symposium über Staubexplosionsgefahr in Bergbau und Industrie in Karlovy Vary 1972, Tagungsbericht.
- [4] Beck, G.: Staubexplosionsschutz in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR. Brand- und Explosionsschutz. Aus Forschung und Praxis, Berlin (1982) 7, S. 99–127.
- [5] Beck, H.; Jeske, A.: Dokumentation Staubexplosionen – Analyse und Einzelfalldarstellung. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit St. Augustin (BRD).-Report 4 (1982).
- [6] Kunath, J.: Simulation in Trocknungseinrichtungen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft. TU Dresden, Diplomarbeit 1984.
- [7] Limpach, J.: Mathematische Modellierung und Simulation des Schutzgasbetriebes durch Brühdrückführung in direkt beheizten Trocknern der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft. TU Dresden, Diplomarbeit 1982.
- [8] Schubert, H.: EDV-Programm zur Simulation des Schutzgasbetriebes in Rauchgas-Trommel-trocknern. Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, 1983 (unveröffentlicht). A 4326

Mehrzweckhubschrauber Ka-26 (UdSSR) mit Schleuderradanlage zur Feststoffapplikation



Genau vorgeschriebene Sicherheitsabstände sowie das Berücksichtigen der jeweiligen Wetterlage sollen ein Abdriften der Chemikalien auf Nachbarkulturen, bewohnte Gebiete und Anlagen der Tierproduktion verhindern und schließen die Mitbehandlung fischführender Gewässer, von Trinkwassersperrzonen sowie von Trinkwasserschutzzonen aus.

Um eine unkontrollierte Grundwasserbelastung und Schüttverluste zu vermeiden, sind in den letzten Jahren alle Beladepunkte für die Flugzeuge und Hubschrauber betonierte worden. Spezielle Dichtungsventile, Auffangbecken und Verschlüsse für Chemikalienbehälter ermöglichen es, eine ungewollte Düngerausbringung etwa beim Feldanflug zu unterbinden.

Die konzentrierte Forschung nach immer umweltfreundlicheren Methoden der aviotechnischen Düngung geht weiter. Zahlreiche Spezialisten der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, besonders aus dem Institut für Düngungsforschung Leipzig-Potsdam, dem Institut für Forstwissenschaften Eberswalde und dem Agrarflug-erprobungsstützpunkt Ogkeln (Bezirk Halle) beteiligten sich daran. (ADN)

Erfolgreiche Flugsaison der Agrarpiloten

Für die Agrarflieger der DDR waren die vergangenen zwei Jahre die bisher erfolgreichsten. Jeweils mehr als 5 Mill. ha Ackerfläche, Grünland, Obstplantagen und Wald erhielten aus der Luft Dünger, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Die Agrarpiloten leisteten damit einen wichtigen Beitrag für hohe Erträge und einen gesunden Wald.

Im Fünfjahrplanzeitraum von 1980 bis 1985 ist es gelungen, mit 23 Mill. ha 15% mehr landwirtschaftliche Nutzfläche aus der Luft zu bearbeiten als Ende der siebziger Jahre. Dieses Ergebnis ist besonders beachtlich, da es mit gleichem Flugzeug- und Hubschrauberbestand durch eine höhere Leistung je Flugstunde, die längere Nutzung der Luftfahrzeuge sowie durch eine sehr gute Qualität der aviochemischen Arbeiten erreicht wurde. Eine Bestleistung schafften auch die Techniker, indem sie technologisch bedingte Standzeiten der Flugzeuge bei der Servicedurchsicht von 3 Tagen auf 1 Tag verkürzten. Auf diese Weise wurde für das Frühjahr 1985 eine Einsatzfähigkeit der gesamten Flotte von mehr als 90% erreicht.

So ist es Ingenieuren aus der DDR gemeinsam mit Fachleuten aus der ČSSR gelungen, das Flugzeug Z-37 (Herstellerland ČSSR) ohne Grundüberholung fast 3000 Flugstunden länger zu nutzen als von den Konstrukteuren geplant. Die Staatliche Luftfahrtinspektion der ČSSR bestätigte dieses beachtenswerte Ergebnis, das im internationalen Vergleich bisher einmalig ist.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung wissenschaftlich-technischer Erkenntnisse ist die Arbeit des Jugendforscherkollektivs im Betrieb Agrarflug. Gemeinsam mit Studenten und Wissenschaftlern der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden wurde ein mathematisches Modell zur Flugvorbereitung entwickelt. Mit Hilfe eines Taschenrechners kann jetzt der Pilot ohne großen zeitlichen Aufwand die günstigste Flugvariante festlegen. Der ökonomische Nutzen lag allein im Jahr 1985 bei mehr als einer halben Mill. Mark. Das umfassende Anwenden neuer Ergebnisse der Forschung verlangt auch eine gezielte Aus- und Weiterbildung. Gegenwärtig sind rd. 80% der Agrarflieger im zweiten Beruf Ingenieur für Agrochemie oder Landtechnik. Der Agrarflug ist ein in der Landwirtschaft nicht mehr wegzudenkender Intensivierungsfaktor. Wesentliche Vorteile sind z. B. keine bodenverdichtenden Fahrspuren und damit keine Pflanzenschädigungen. Arbeitsschwerpunkte sind in jedem Frühjahr die termin- und qualitätsgerechte Düngung der Getreidefelder und der Pflanzenschutz. In Jahren mit ungünstigem Witterungsverlauf bietet das Flugzeug nahezu die einzige Möglichkeit, dem Getreide zum agrotechnischen Zeitpunkt die nötigen Nährstoffe zuzuführen. Gleiches gilt für die ertragsfördernde Spätdüngung im Mai. Auch Grünland im Mittelgebirge läßt sich oft nur vom Hubschrauber aus bearbeiten.

Als vorteilhaft hat sich die enge Kooperation zwischen Agrarfliegern, Bauern und Agrochemikern erwiesen. Es zahlt sich aus, daß die Staffeln technologisch in die agrochemischen Zentren integriert sind. Viele Piloten und Mechaniker sind mit ihren Familien in den Dörfern heimisch. Die Interflug unterstützte das. Die Piloten kennen somit das Mikroklima ihres Einsatzgebietes ebenso wie die Lage der Felder, ihren jeweiligen Pflanzenwuchs sowie künstliche und natürliche Hindernisse.

Das Maschinensystem zur Applikation von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln mit Bodentechnik und Agrarflugzeugen in hoher Qualität technologisch den Produktionsverfahren entsprechend weiterzuentwickeln und auszubauen, ist ein volkswirtschaftliches Ziel. Daher wurden in den vergangenen zwei Jahren in enger Zusammenarbeit mit Instituten der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR und Flugzeugherstellern des RGW sowohl Agrarflugzeuge als auch Applikationsanlagen mehrere Monate in der DDR erprobt, um eine optimale Variante für eine neue Generation von Agrarflugzeugen festzulegen, die in den nächsten Jahren in der DDR zum Einsatz kommen soll. Erste Flugzeuge vom Typ M-18A (Herstellerland VR Polen) haben sich bereits im Jahr 1985 bewährt.

(ADN)