



**Internationale Sektion „Maschinensicherheit“ der IVSS
für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten**

**Arbeitskreis 2: Staubexplosionen
der Sektion „Maschinensicherheit“
in Zusammenarbeit mit der Sektion „Chemie“**

Trockner

Sekretariat der Sektion Maschinensicherheit:

**Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten
Dynamostraße 7-9, 68136 Mannheim, Tel. (0621) 44 56-2213**

Inhalt

	Seite
7. Trockner	S. 3
7.1 Zerstäubungstrockner (Sprühtrockner)	S. 4
7.2. Wirbelschichttrockner/-Granulatoren	S. 6
7.3 Stromtrockner	S. 8
7.4 Fließbettrockner	S. 9
7.5 Mahltrockner	S. 11
7.6 Trommeltrockner	S. 13
7.7 Rührwerkrockner/Schaufeltrockner	S. 15
7.8 Bandrockner/Hordentrockner	S. 16

7. Trockner

Die von Trocknern ausgehende Zündgefahr hängt in erster Linie von der Verfahrenstechnik (z.B. Wirkungsprinzip, Konstruktion, Temperatur) sowie den Brenn- und Explosionskenngrößen der zu verarbeitenden Produkte ab. Von besonderer Bedeutung ist der Einfluß der Temperatur auf die Mindestzündenergie (s. Abb. 12 der „Grundlagen“)*. Im allgemeinen muß davon ausgegangen werden, daß bei Stäuben, deren Mindestzündenergie unter Berücksichtigung der Temperatur unterhalb 10 mJ liegt, konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen oder eine Inertisierung erforderlich sind. Entscheidend ist die Temperatur in dem Bereich des Trockners, in dem die explosionsfähigen Gemische zu erwarten sind.

Für Selbstentzündungsvorgänge in Trocknern spielen Produktablagerungen oder -anbackungen eine entscheidende Rolle. Je höher die Temperatur, je größer die zusammenhängende Produktmenge und je länger die Verweilzeit des Produktes im Temperaturfeld sind, desto größer ist die Gefahr einer Entzündung.

Trockner, in denen das Produkt lediglich als Staubschüttung vorliegt (z.B. Hordentrockner), beinhalten ein deutlich geringeres Staubexplosionsrisiko als Trockner, bei denen das Produkt verfahrensbedingt aufgewirbelt wird.

Von direkt beheizten Trocknern geht grundsätzlich eine höhere Zündgefahr aus als von indirekt beheizten Systemen.

Die verfahrensbedingte Reduzierung des Sauerstoffgehaltes in den Verbrennungsgasen bei direkt beheizten Trocknern reicht im allgemeinen als Explosionsschutzmaßnahme nicht aus. Auch der bei Trocknungsprozessen freiwerdende Wasserdampf bringt in der Regel allein keine hinreichende Inertisierung. Eine Inertisierung setzt die gezielte Inertgaszugabe und entsprechende meßtechnische Überwachung voraus (s. Punkt 2.2 der „Grundlagen“).

Enthalten die zu trocknenden Produkte brennbare Lösemittel oder können beim Trocknungsprozeß brennbare gasförmige Stoffe freigesetzt werden, so entsteht im Trockner ein hybrides Gemisch (Staub/Gas/Luft-Gemisch). Hybride Gemische sind meist leichter entzündbar und explodieren mit größerer Heftigkeit als reine Staub/Luft-Gemische. Diese Gefahr kann bedeutsam werden, wenn die Konzentration der brennbaren Lösemitteldämpfe bzw. brennbaren Gase ca. 20% ihrer unteren Explosionsgrenze erreichen.

Bei allen Trocknerarten ist zu beachten, daß Brände oder Glimmnester entstehen und diese in nachgeschaltete Anlagen übertragen werden können. Dies gilt auch für explosionstechnisch entkoppelte Anlagen.

Zur Löschung von Staubbränden können - in Abhängigkeit von der Art des Trockners und des Produktes - Wassersprühfluranlagen, Wasserdampf, Kohlendioxid und Stickstoff verwendet werden.

* IVSS, *Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten - Grundlagen*, Internationale Sektion der IVSS für Maschinensicherheit, D-68165 Mannheim, 1998

7.1 Zerstäubungstrockner (Sprühtrockner)

Werden in Zerstäubungstrocknern Suspensionen von brennbaren Feststoffen verarbeitet, so ist mit dem Auftreten von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen. Auch wenn sich bei überschlägigen Berechnungen (Feststoffdurchsatz/Volumenstrom der Luft) durchschnittliche Staubkonzentrationen ergeben, die unterhalb der unteren Explosionsgrenze des staubförmigen Produktes liegen, können sich im unteren Bereich des Trockners - insbesondere bei vorhandenem Konus - explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden.

Die thermische Beanspruchung des Produktes ist trotz hoher Lufteintrittstemperatur relativ gering (Verdampfungswärme) und kurzzeitig. Bilden sich an der Wand oder der Decke des Trockners Produktablagerungen oder -anbackungen, ist bei der Beurteilung der thermischen Belastung des Produktes von einer Langzeitbeanspruchung auszugehen, die bis zur Entzündung führen kann. Dies kann zu einem Staubbrand oder - insbesondere beim Herabfallen eines Glimmnestes - zu einer Staubexplosion führen.

Als Explosionsschutzmaßnahmen finden „konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen“, „Inertisierung“ oder ggf. auch „Vermeiden von wirksamen Zündquellen“ Anwendung.

Bei den konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen stehen die Explosionsdruckentlastung und die Explosionsunterdrückung im Vordergrund. Wegen der Größe der Trockner ist die explosionsfeste Bauweise für den maximalen Explosionsdruck nicht üblich. In jedem Fall sind auch Maßnahmen zur explosionstechnischen Entkopplung anzuwenden. Ist nur in Teilen des Zerstäubertrockners mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen, z.B. im Konus, kann für die Dimensionierung der konstruktiven Schutzmaßnahmen dieses Teilvolumen zugrunde gelegt werden. Sind z.B. Zerstäubungstrocknern Fließbettrockner nachgeschaltet, so sind diese entweder explosionstechnisch zu entkoppeln oder die Fließbettrockner sind ins Sicherheitskonzept mit einzubeziehen.

Das „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ (s. Punkt 2.3 der „Grundlagen“) als alleinige Schutzmaßnahme ist im allgemeinen nur möglich, wenn u.a. sichergestellt ist, daß

- die temperaturbezogene Mindestzündenergie den Wert von 10 mJ nicht unterschreitet,
- gefährliche Staubablagerungen und -anbackungen vermieden und somit Selbstentzündungsvorgänge ausgeschlossen sind,
(Lassen sich Staubanbackungen nicht vermeiden, kann dies akzeptiert werden, wenn durch geeignete Früherkennung (z.B. CO-Detektion) der Selbsterhitzungs- bzw. Selbstentzündungsvorgang so rechtzeitig erkannt und bekämpft wird, daß zündwirksame Glimmester vermieden werden.)
- die Oberflächentemperaturen so niedrig sind, daß Staub/Luft-Gemische nicht direkt entzündet werden können (i.d.R. max. 2/3 der Mindestzündtemperatur der Staubwolke),
- aus dem Heizsystem keine Funken eingetragen werden (keine direkte Heizung, Filterung der Zuluft für den Wärmetauscher),
- Zerstäuberscheiben so überwacht werden, daß Störungen, die zum Abreißen der Scheibe führen, rechtzeitig erkannt werden.

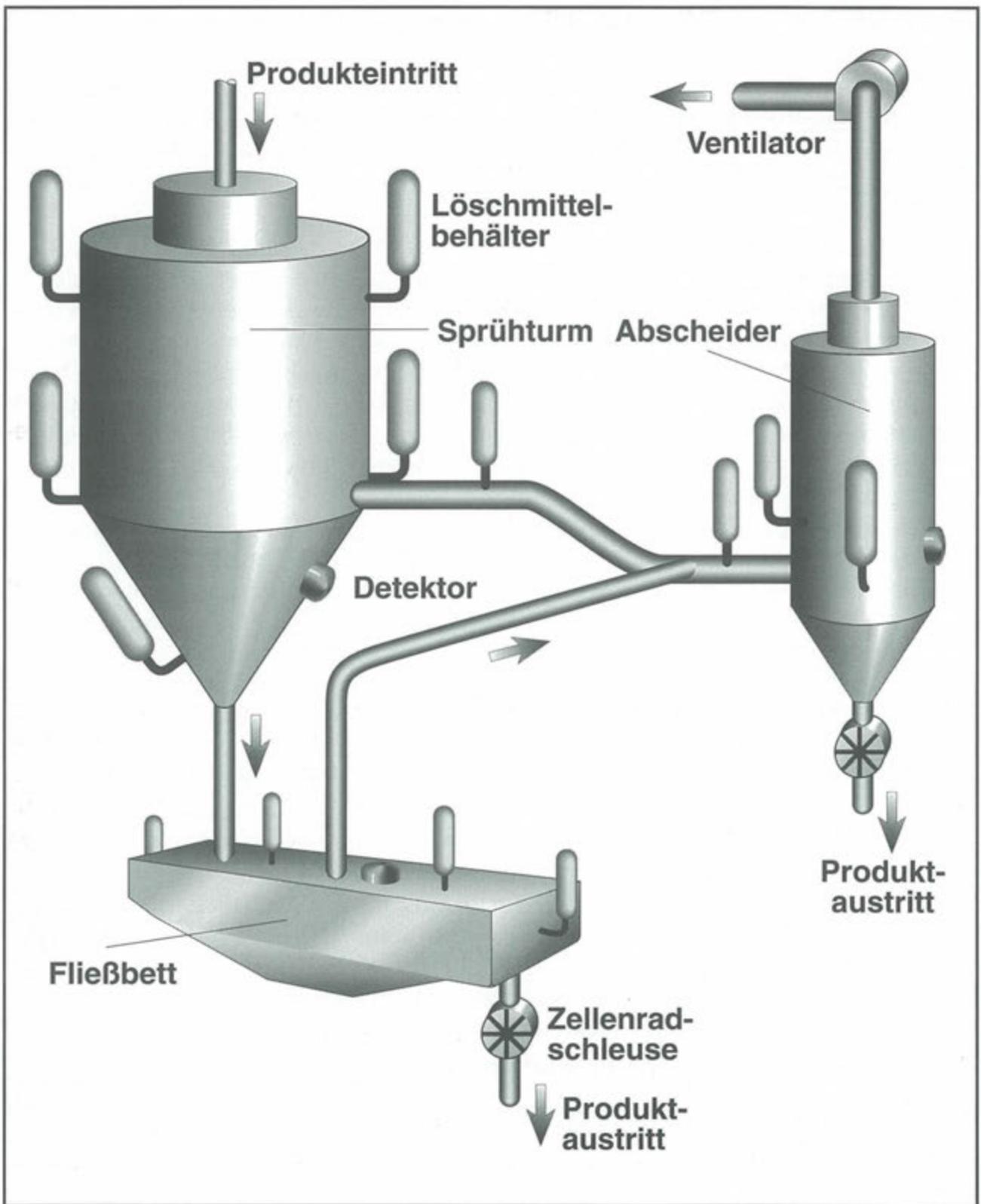


Abb. 1: Schematische Darstellung einer durch Explosionsunterdrückung geschützten Zerstäubungstrockneranlage

7.2 Wirbelschichttrockner/-Granulatoren

Werden in Wirbelschichttrocknern brennbare Feststoffe in chargenweisem oder kontinuierlichem Betrieb verarbeitet, so ist mit dem Auftreten von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen. Da in Wirbelschichttrocknern zu verarbeitende Produkte häufig auch brennbare Lösemittel enthalten, muß in derartigen Fällen mit dem Auftreten von hybriden Gemischen gerechnet werden.

Bei der Verarbeitung werden die Produkte thermisch beansprucht. Produkt- und verfahrensspezifisch kann dies im Chargenbetrieb mehrere Stunden dauern. Bei kontinuierlich arbeitenden Wirbelschichttrocknern sind infolge von Anbackungen und toten Zonen auch dort langfristig thermische Beanspruchungen möglich. Dies kann zur Selbstentzündung und in der Folge zu einem Brand und/oder einer Explosion führen.

Als Explosionsschutzmaßnahmen finden in der Praxis vor allem „konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen“ Anwendung. Alternativ können vorbeugende Explosionsschutzmaßnahmen wie die „Inertisierung“ oder ggf. das „Vermeiden von wirksamen Zündquellen“ angewendet werden.

Bei den konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen steht für kleine Apparate (bis ca. 1 m³ Volumen) die explosionsfeste Bauweise für den maximalen Explosionsdruck im Vordergrund. Für mittlere und große Apparaturen wird in der Regel die Explosionsdruckentlastung oder die Explosionsunterdrückung angewendet. Explosionsversuche haben gezeigt, daß aufgrund der verfahrenstechnischen Besonderheiten bei Wirbelschichttrocknern von den allgemeinen Berechnungsgrundlagen für die Explosionsdruckentlastung und die Explosionsunterdrückung abgewichen werden kann.

Bei Stäuben der Staubexplosionsklassen St 1 und St 2 kann in Verbindung mit den Schutzmaßnahmen „Explosionsdruckentlastung“ oder „Explosionsunterdrückung“ ein Siebboden mit Maschenweiten von nicht mehr als 250 µm und ausreichender Festigkeit einen Flammendurchschlag in die Zuluftseite verhindern. Dies gilt nicht für Explosionen von hybriden Gemischen oder Dampf/Luft-Gemischen.

In jedem Fall sind auch Maßnahmen zur explosionstechnischen Entkopplung, wie Schnellschlußschieber, -klappen, -ventile, anzuwenden.

Das „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ (s. Punkt 2.3 der „Grundlagen“) als alleinige Schutzmaßnahme ist im allgemeinen nur möglich, wenn u.a. sichergestellt ist, daß

- das Produkt frei von brennbaren Flüssigkeiten ist,
- die temperaturbezogene Mindestzündenergie den Wert von 10 mJ nicht unterschreitet,
- gefährliche Staubablagerungen und -anbackungen - insbesondere auch im Bereich unterhalb des Siebbodens - vermieden und somit Selbstentzündungsvorgänge ausgeschlossen sind,
- die Oberflächentemperaturen so niedrig sind, daß Staub/Luft-Gemische nicht direkt entzündet werden können (i.d.R. maximal 2/3 der Mindestzündtemperatur der Staubwolke),
- aus dem Heizsystem keine Funken eingetragen werden (z.B. keine direkte Heizung, Filterung der Zuluft für den Wärmetauscher).

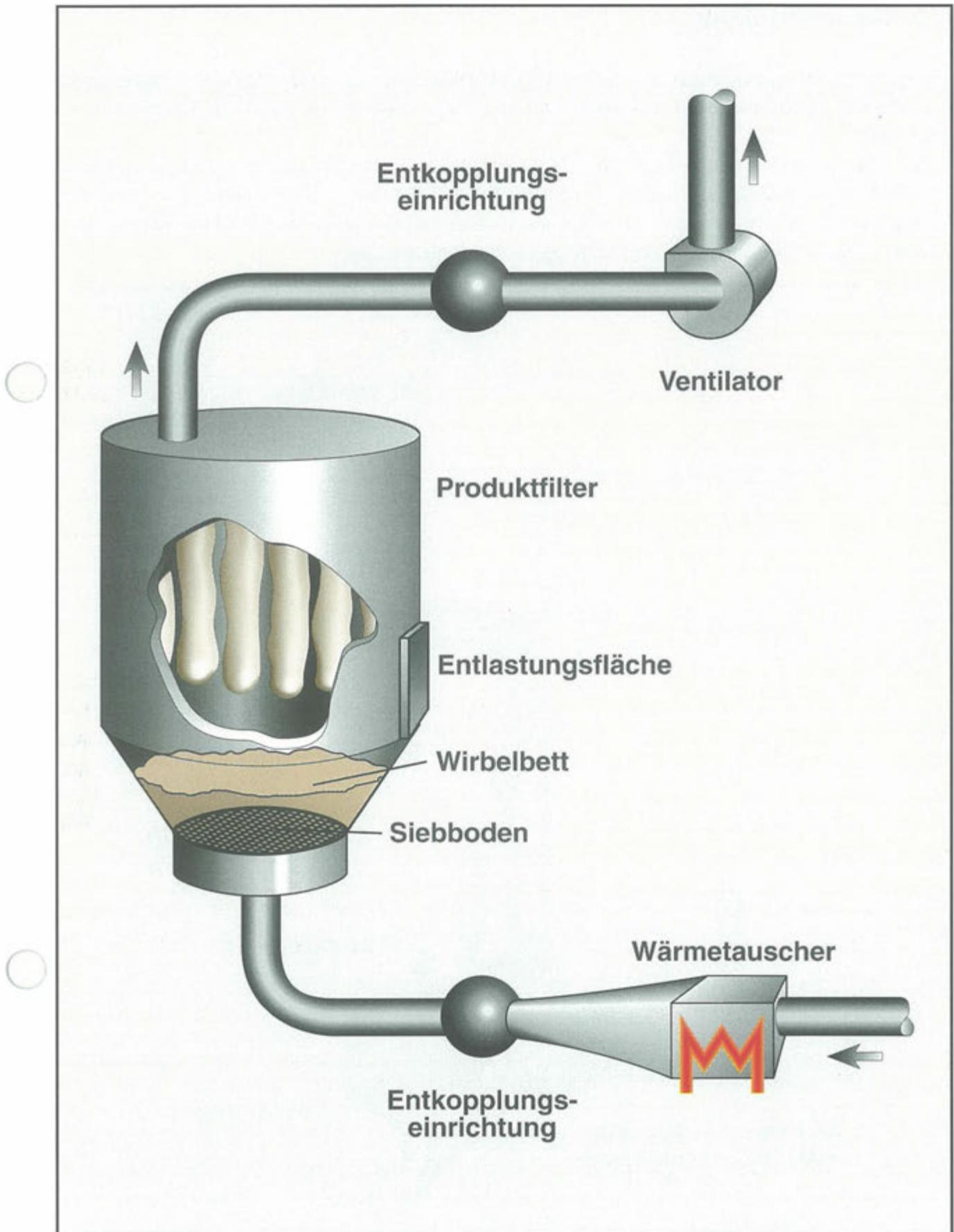


Abb. 2: Schematische Darstellung eines durch Explosionsdruckentlastung geschützten Wirbelschichttrockners

7.3 Stromtrockner

Werden in Stromtrocknern brennbare Feststoffe, z.B. als Pasten oder Filterkuchen verarbeitet, so ist mit dem Auftreten von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen.

Auch wenn sich bei überschlägigen Berechnungen (Feststoffdurchsatz/Volumenstrom der Luft) durchschnittliche Staubkonzentrationen ergeben, die unterhalb der unteren Explosionsgrenze des staubförmigen Produktes liegen, können trotzdem explosionsfähige Staub/Luft-Gemische nicht ausgeschlossen werden.

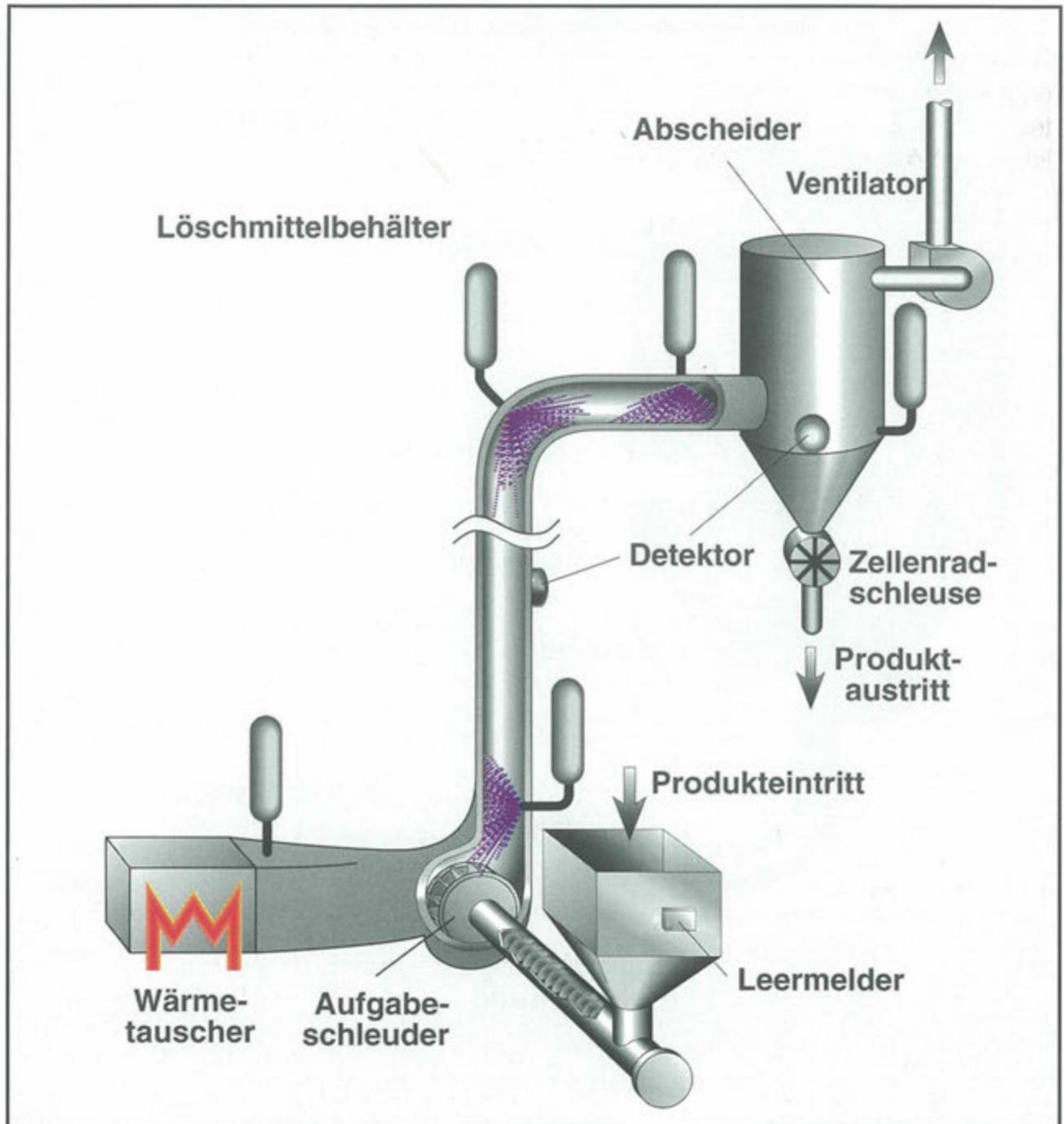


Abb. 3: Schematische Darstellung eines durch Explosionsunterdrückung geschützten Stromtrockners

Die thermische Beanspruchung des Produktes ist trotz hoher Lufteintrittstemperatur relativ gering (Verdampfungswärme) und kurzzeitig. Bilden sich an der Wandung des Trockners Produktablagerungen oder -anbackungen, ist bei der Beurteilung der thermischen Belastung des Produktes von einer Langzeitbeanspruchung auszugehen, die vor allem in dem Bereich der hohen Eintrittstemperaturen sehr schnell bis zur Entzündung führen kann. Dies kann zu einem Staubbrand oder - insbesondere wenn sich Glimmnester lösen - zu einer Staubexplosion führen.

Werden Aufgabeschleudern (z.B. Desintegratoren) eingesetzt, dann ist mit einer erhöhten Zündgefahr zu rechnen.

Als Explosionsschutzmaßnahmen finden vor allem „konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen“ Anwendung.

Bei den konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen stehen die Explosionsdruckentlastung und die Explosionsunterdrückung - jeweils in Verbindung mit explosions-technischer Entkopplung- im Vordergrund. Bei der Auslegung der Schutzmaßnahmen ist der langgestreckten Bauform der Stromtrockner Rechnung zu tragen.

Das „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ (s. Punkt 2.3 der „Grundlagen“) ist allenfalls nur möglich, wenn u.a. sichergestellt ist, daß

- die temperaturbezogene Mindestzündenergie den Wert von 10 mJ nicht unterschreitet,
- gefährliche Staubablagerungen und -anbackungen - insbesondere im Bereich des Heißlufteintritts - vermieden und somit Selbstentzündungsvorgänge ausgeschlossen sind,
- die Oberflächentemperaturen so niedrig sind, daß Staub/Luft-Gemische nicht direkt entzündet werden können (i.d.R. max. 2/3 der Mindestzündtemperatur der Staubwolke),
- aus dem Heißsystem keine Funken eingetragen werden (z.B. keine direkte Heizung, Filterung der Zuluft für den Wärmetauscher),
- beim Einsatz einer Aufgabeschleuder (z.B. Desintegrator) das Eintragen von Fremdkörpern und damit das Entstehen von Reib- und Schlagfunken sowie heißen Oberflächen vermieden wird.

7.4 Fließbettrockner

Werden in Fließbettrocknern brennbare Feststoffe verarbeitet, so ist in Abhängigkeit vom Staubanteil mit explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen zu rechnen.

Bei der Verarbeitung werden die Produkte thermisch beansprucht. Da die Fließbett-trocknung in der Regel kontinuierlich erfolgt, ist die thermische Beanspruchung des durchlaufenden Produktes relativ gering. Bilden sich jedoch Produktablagerungen oder -anbackungen, werden diese langfristig thermisch beansprucht. Dies kann zu Selbst-entzündungsvorgängen und in der Folge zu Staubbränden oder Staubexplosionen führen.

Als Explosionsschutzmaßnahmen können sowohl vorbeugende als auch konstruktive Maßnahmen angewendet werden. Bei der Auswahl und Auslegung der Schutzmaßnahmen ist zwischen Trocknern mit integrierten Abscheidern und Trocknern mit externen Abscheidern zu unterscheiden. Fließbettrockner mit integrierten Abscheidern sind wie Wirbelschichtrockner zu behandeln.

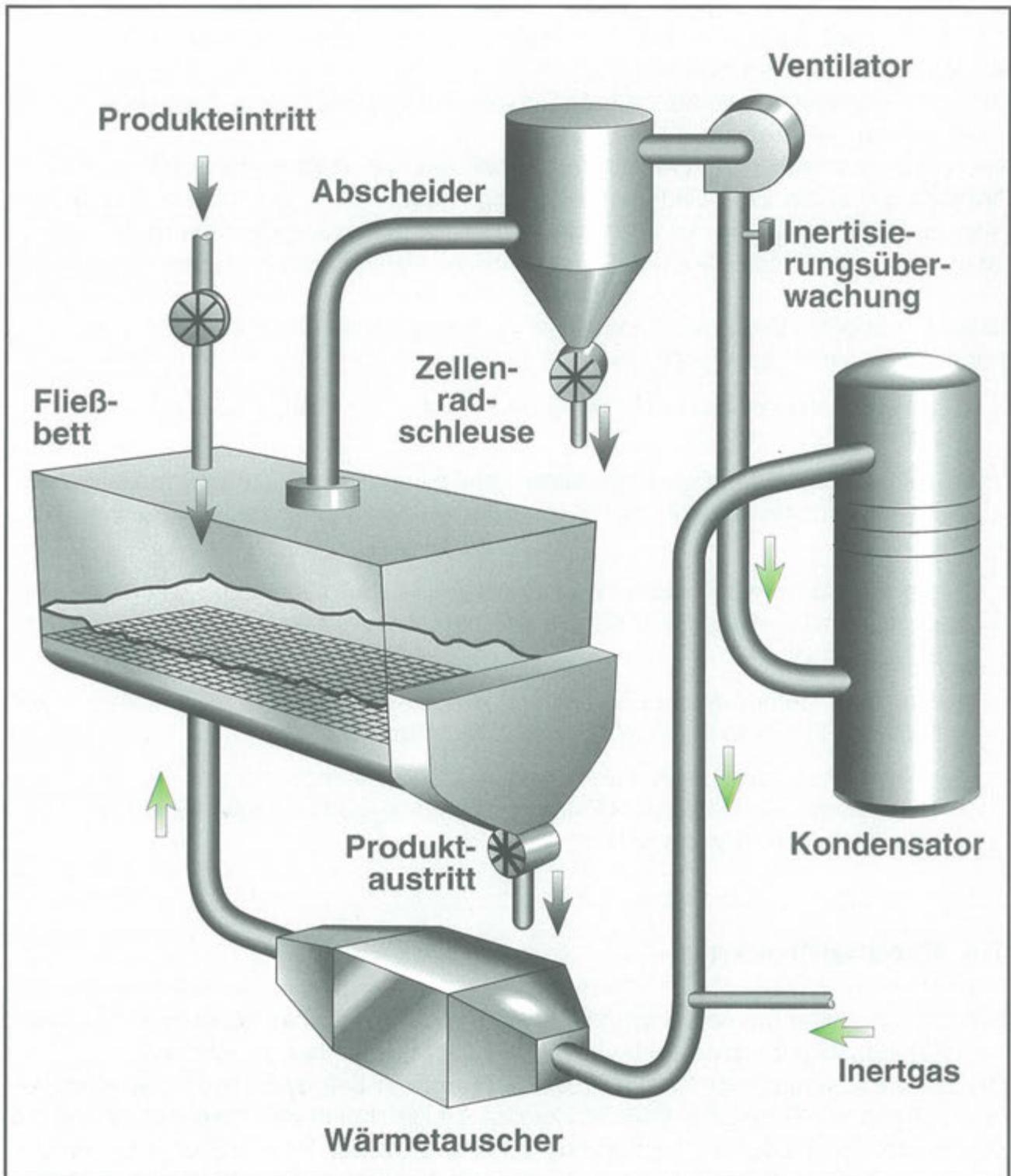


Abb. 4: Schematische Darstellung eines durch Inertisierung geschützten Fließbettrockners (geschlossenes Kreislaufsystem)

Bei Fließbettrocknern mit externen Abscheidern spielt der Staubanteil des zu trocknenden Produktes eine besondere Rolle. Geringe Staubanteile im Produkt lassen explosionsfähige Staub/Luft-Gemische nur im Abscheider erwarten. In diesem Fall können sich ggf. erforderliche Explosionsschutzmaßnahmen auf den filternden Abscheider beschränken. Eine praktikable Lösung hierfür ist beispielsweise die Druckentlastung des Abscheiders mit entsprechenden explosionstechnischen Entkopplungen, insbesondere in der Verbindungsleitung zum Fließbett.

Ist im ganzen System mit explosionsfähigem Staub/Luft-Gemisch zu rechnen, kann die Inertisierung oder eine Maßnahme des konstruktiven Explosionsschutzes angewendet werden.

Das „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ (s. Punkt 2.3 der „Grundlagen“) als alleinige Schutzmaßnahme ist im allgemeinen nur möglich, wenn u.a. sichergestellt ist, daß

- das Produkt frei von brennbaren Flüssigkeiten ist,
- die temperaturbezogene Mindestzündenergie den Wert von 10 mJ nicht unterschreitet,
- gefährliche Staubablagerungen und -anbackungen - insbesondere auch im Bereich unterhalb des Siebbodens - vermieden und somit Selbstentzündungsvorgänge ausgeschlossen sind,
- die Oberflächentemperaturen so niedrig sind, daß Staub/Luft-Gemische nicht direkt entzündet werden können (i.d.R. max. 2/3 der Mindestzündtemperatur der Staubwolke),
- aus dem Heizsystem keine Funken eingetragen werden (z.B. keine direkte Heizung, Filterung der Zuluft für den Wärmetauscher),
- gefährliche elektrostatische Aufladung von Anlageteilen vermieden werden, z.B. durch Erden leitfähiger Teile und Verzicht auf Auskleidung mit nichtleitfähigen Materialien,
- der Ventilator auf der Reinluftseite des Abscheiders angeordnet ist.

7.5 Mahltrockner

Für die Trocknung großer Feststoffmengen bei gleichzeitiger Aufmahlung werden schnellaufende Mühlen eingesetzt. Als Trocknungsmedium dienen heiße Luft oder Rauchgase, die auch gleichzeitig den Weitertransport des Mahlgutes übernehmen. Werden über derartige Mahltrocknungsapparate brennbare Feststoffe geführt, so ist betriebsmäßig das Auftreten explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische zu erwarten. Im allgemeinen ist der Feststoffdurchsatz bezogen auf den geförderten Volumenstrom der Luft so hoch, daß die durchschnittlichen Staubkonzentrationen deutlich oberhalb der unteren Explosionsgrenze liegen.

Auch bei hoher Lufteintrittstemperatur (z.B. 600 °C) ist in der Regel eine unmittelbare Entzündungsgefahr nicht gegeben, wenn die Produkttemperatur - infolge der kurzen Verweilzeit und der dem System entzogenen Verdampfungswärme - relativ niedrig bleibt (i.d.R. < 100 °C). Kommt es dagegen zu Produktablagerungen oder -anbackungen, so sind diese einer länger andauernden thermischen Belastung ausgesetzt. Produktablagerungen und -anbackungen treten bevorzugt im Heißluftkanal unterhalb der Mahlschüssel oder in den in Mühlen integrierten Sichern auf. Aufgrund dieser Langzeitbeanspruchung kann es über Selbstentzündungsvorgänge zur Bildung von Glimmnestern oder zu einem Brand kommen. Dies kann dann zur Auslösung einer Staubexplosion führen.

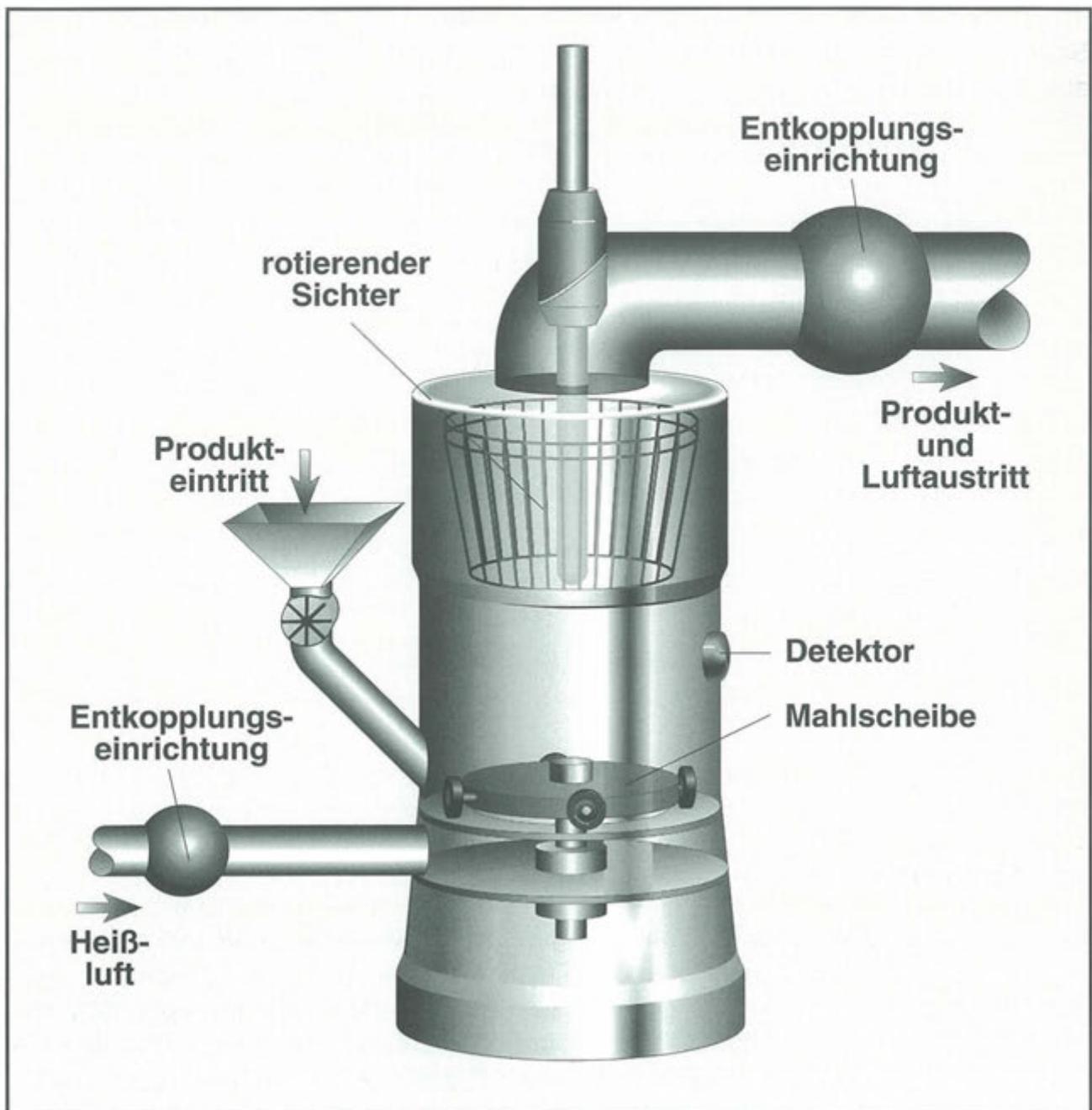


Abb. 5: Schematische Darstellung eines Mahlrockners in explosionsfester Bauweise für den maximalen Explosionsdruck

Neben der thermischen Belastung erfahren die Produkte wegen des gleichzeitigen Mahlvorganges auch eine mechanische Beanspruchung. Eine zusätzliche mechanische Beanspruchung kann durch dynamische Sichter, die in der Mühle integriert sind, entstehen. Die Relativgeschwindigkeiten der bewegten Teile liegen erheblich über 1 m/s. Insbesondere ist beim Eintrag von Fremdkörpern oder Störungen das Auftreten mechanisch erzeugter Funken oder heißer Oberflächen nicht auszuschließen. Diese können sowohl aufgewirbelten als auch abgelagerten Staub entzünden.

Das „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ als alleinige Schutzmaßnahme ist in der Regel wegen der thermischen und mechanischen Zündgefahren nicht anwendbar.

Als Explosionsschutzmaßnahmen werden vor allem die „Inertisierung“ oder „konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen“ angewendet.

Im Falle der Inertisierung ist für das jeweilige Produkt die betrieblich höchstzulässige Sauerstoffkonzentration unter Berücksichtigung der Inertgasart und der Temperaturabhängigkeit der Sauerstoffgrenzkonzentration festzulegen.

Als konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen kommen die explosionsdruckstoßfeste Bauweise sowohl für den maximalen Explosionsdruck als auch für einen reduzierten Explosionsdruck in Verbindung mit der Explosionsdruckentlastung oder Explosionsunterdrückung in Frage. Darüber hinaus sind auch Maßnahmen zur explosionstechnischen Entkopplung notwendig (Heißluftzuführung, Produktaufgabe, Produktaustritt, Luftaustritt). Inwieweit eine Entkopplung in Richtung nachgesetzter Anlageteile notwendig wird, hängt u. a. von der Länge der Förderleitung zum nächsten Apparat und von der für diesen Apparat vorgesehenen Explosionsschutzmaßnahme ab.

7.6 Trommeltrockner

Trommeltrockner eignen sich für rieselfähige bis pastenartige Schüttgüter, die in großen Mengen getrocknet werden sollen. Der Transport des zu trocknenden Schüttgutes erfolgt mechanisch durch Drehung der leicht geneigten Trommel. Als Trocknungsmittel werden heiße Luft oder Rauchgase im Gegen- oder Gleichstrom durch die Trommel geleitet. Bei der Verarbeitung brennbarer Schüttgüter können explosionsfähige Staub/Luft-Gemische entstehen.

Aufgrund der mechanischen Transportvorgänge ist die Verweilzeit der Schüttgüter in der Trommel relativ lang. Im Normalbetrieb führt die thermische Beanspruchung jedoch zu keinen kritischen Betriebszuständen. Bei Schüttgütern mit stark unterschiedlicher Teilchengröße, beim Auftreten von Produktablagerungen und -anbackungen sowie bei plötzlichem Trommelstillstand kann es allerdings zu solchen thermischen Belastungen kommen, daß infolge Selbstentzündung glimmende Teilchen (Funken), Glimmnester oder ein Brand entstehen. Dies kann dann zur Auslösung einer Staubexplosion führen. Als Explosionsschutzmaßnahmen finden „Inertisierung“, „konstruktiver Explosionsschutz“ oder gegebenenfalls auch „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ Anwendung.

Im Falle der Inertisierung ist für das jeweilige Produkt die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration unter Berücksichtigung der Inertgasart und der Temperaturabhängigkeit der Sauerstoffgrenzkonzentration festzulegen. Bei Schüttgütern mit extrem hohen Wassergehalten kann der freiwerdende Wasserdampf einen zusätzlichen Beitrag zur Inertisierung leisten.

Als Maßnahme des konstruktiven Explosionsschutzes kommt im allgemeinen die Explosionsdruckentlastung zur Anwendung. Darüber hinaus sind auch Maßnahmen zur explosionstechnischen Entkopplung des Gas- und Produktweges zu berücksichtigen.

Das „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ (s. Punkt 2.3 der „Grundlagen“) als alleinige Schutzmaßnahme ist im allgemeinen nur möglich, wenn u.a. sichergestellt ist, daß

- die temperaturbezogene Mindestzündenergie einen Wert von 10 mJ nicht unterschreitet,
- gefährliche Staubablagerungen und -anbackungen - insbesondere im Bereich des Heißlufteintritts - vermieden werden und somit Selbstentzündungsvorgänge ausgeschlossen sind,
- die Oberflächentemperaturen so niedrig sind, daß Staubwolken nicht direkt entzündet werden (i.d.R. max. 2/3 der Mindestzündtemperatur der Staubwolke),
- bei direkt befeuerten Trocknern aus dem Heißgaserzeuger keine Funken eingetragen werden,
- das Produkt frei von brennbaren Flüssigkeiten ist,
- die Gaseintrittstemperatur so begrenzt wird, daß in Abhängigkeit der maximal möglichen Staubablagerung Selbstentzündungsvorgänge nicht auftreten können.

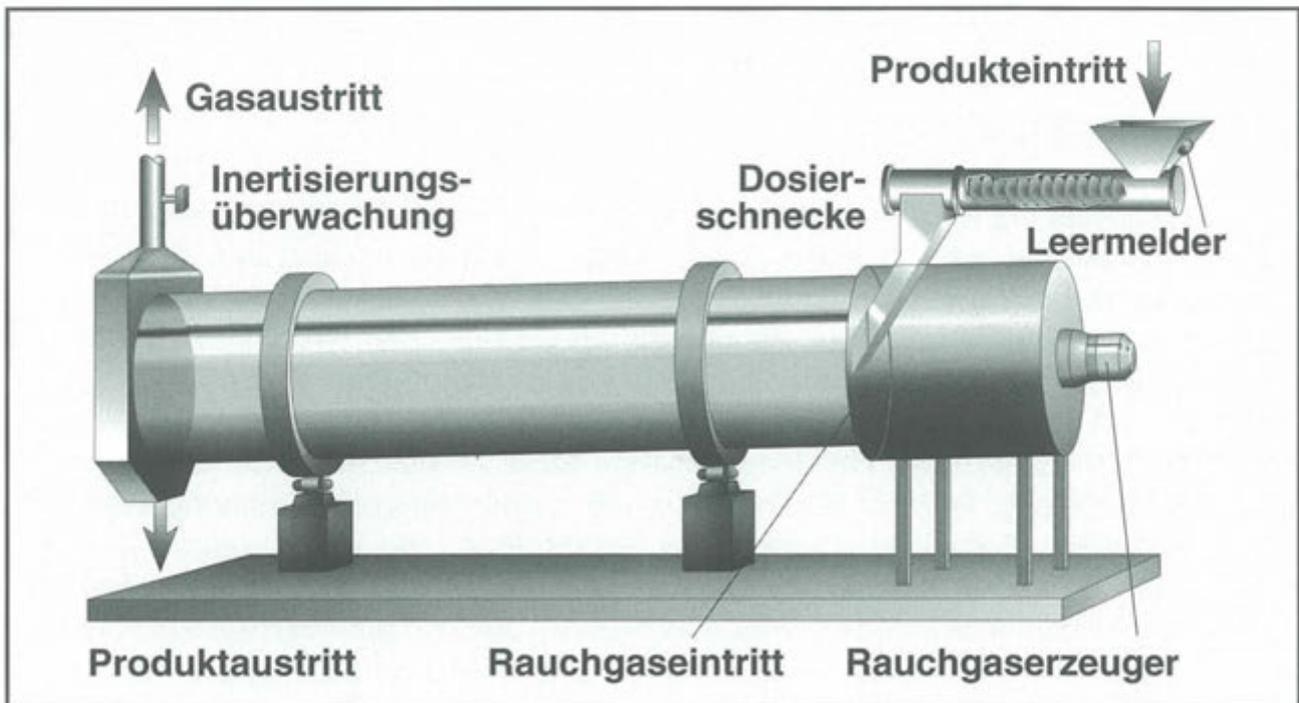


Abb. 6: Schematische Darstellung eines Trommeltrockners mit Inertisierung durch Rauchgas

7.7 Rührwerkrockner/Schaufelrockner

Rührwerk- und Schaufelrockner werden in der Regel unter Vakuum betrieben. Wird im Bereich $< 0,1$ bar gearbeitet, sind im allgemeinen keine gefährlichen Auswirkungen von Staubexplosionen zu erwarten. In diesen Fällen ist es in der Regel ausreichend, das Vakuum $< 0,1$ bar sicherzustellen und ein Aufheben des Vakuums mit Inertgas vorzunehmen.

Eine spontane Zersetzung (s. Punkt 2.5.3 der „Kenngößen“)* eines Produktes ist mit dieser Schutzmaßnahme nicht zu verhindern. Diese könnte z.B. durch eingetragene Fremdkörper, die zwischen Schaufel und Wand eingeklemmt werden und zu örtlicher Überhitzung führen, eingeleitet werden.

Läßt sich ein Vakuum $< 0,1$ bar nicht erreichen, sind ggf. zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich. Dabei kann berücksichtigt werden, daß auch Vakuum oberhalb $0,1$ bar die Kenngößen des Staubes sicherheitstechnisch günstig beeinflusst (s. Punkt 2.2.3 der „Grundlagen“).

Auch ggf. erforderliche Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes lassen sich an Vakuum-Trocknern einfacher realisieren, weil durch die verfahrensbedingte Bauweise eine höhere Apparatefestigkeit gegeben ist.

Das „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ (s. Punkt 2.3 der „Grundlagen“) als alleinige Schutzmaßnahme ist im allgemeinen nur möglich, wenn u.a. sichergestellt ist, daß

- die druck- und temperaturbezogene Mindestzündenergie den Wert von 10 mJ nicht unterschreitet,
- durch einen hohen Befüllgrad ($> 70\%$) das Auftreten explosionsfähiger Staub/Luft-Gemische begrenzt wird,
- während des Befüll- und Entleerungsvorganges mit reduzierter Mischgeschwindigkeit (Umfangsgeschwindigkeit < 1 m/s) gefahren und auf den Einsatz sogenannter Zerhacker oder Desintegratoren verzichtet wird,
- durch eingetragene Fremdkörper keine heißen Oberflächen entstehen können. Dies läßt sich z.B. erreichen, indem die Größe ggf. eingetragener Fremdkörper so begrenzt wird, daß ein Einklemmen zwischen bewegten Teilen und der Wandung verhindert ist.
- gefährliche Staubablagerungen und -anbackungen vermieden und somit Selbstentzündungsvorgänge ausgeschlossen sind,
- die Oberflächentemperaturen so niedrig sind, daß Staub/Luft-Gemische nicht direkt entzündet werden können (i.d.R. max. $2/3$ der Mindestzündtemperatur der Staubwolke),
- aus dem Heizsystem keine Funken eingetragen werden (z.B. keine direkte Heizung, Filterung der Zuluft über den Wärmetauscher).

* IVSS, *Bestimmen der Brenn- und Explosionskenngößen von Stäuben*, Internationale Sektion der IVSS für Maschinensicherheit, D-68165 Mannheim, 1995

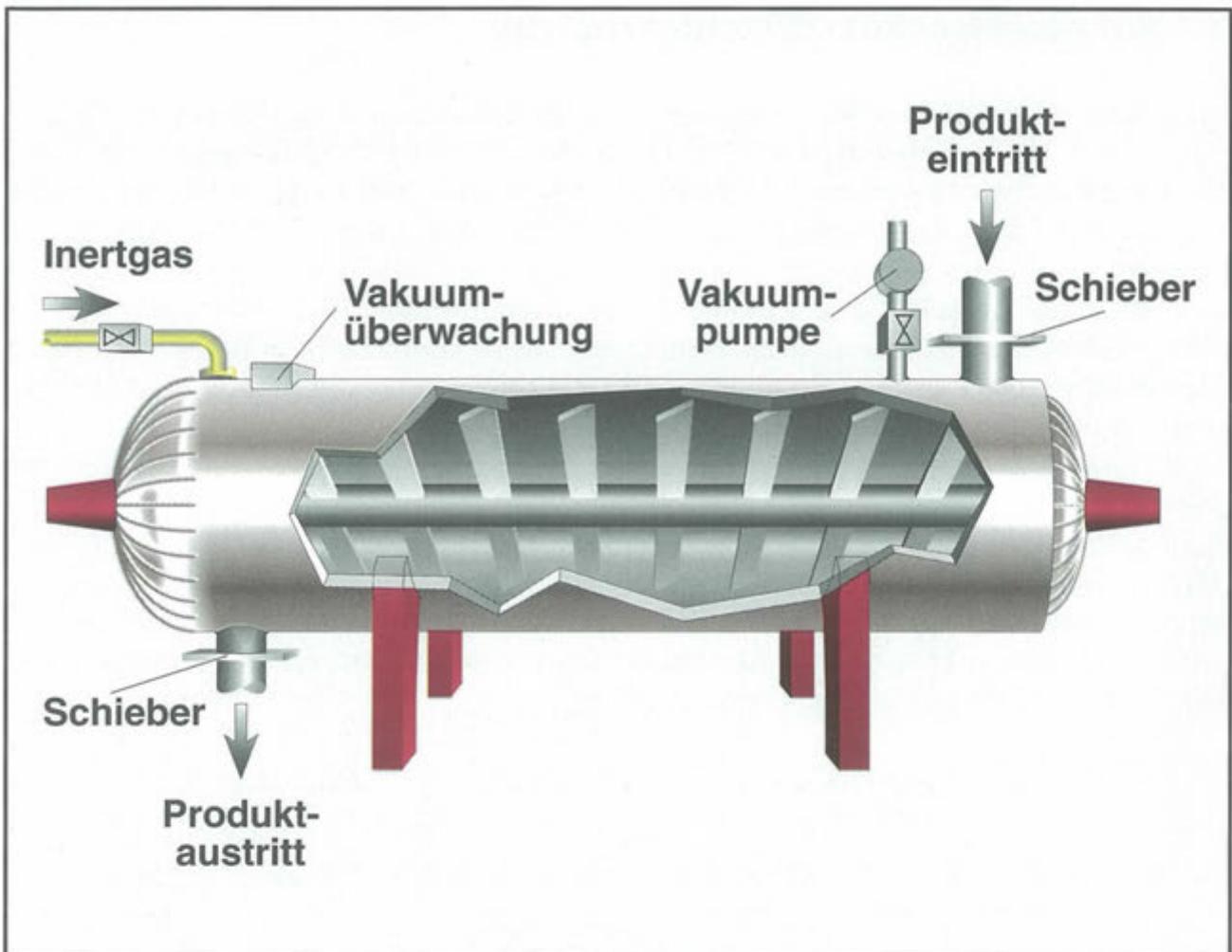


Abb. 7: Schematische Darstellung eines Vakuum-Schaufeltrockners

7.8 Bandrockner/Hordentrockner

Bei Bandrocknern/Hordentrocknern werden die zu trocknenden Produkte während des Trocknungsvorganges nicht aufgewirbelt. Gefährliche Staub/Luft-Gemische können - je nach Produktbeschaffenheit (z.B. Korngröße, Restfeuchte) - allenfalls in den Übergangsbereichen (z.B. Abwurfstellen) entstehen. Werden diese Bereiche abgesaugt, besteht im allgemeinen keine Explosionsgefahr. Für die Abscheider sind in bezug auf den Explosionsschutz gesonderte Überlegungen anzustellen (s. Abschnitt 4 dieser Beispielsammlung).

Lassen sich explosionsfähige Staub/Luft-Gemische an den Abwurfstellen nicht vermeiden, kann in den gefährdeten Bereichen mit dem „Vermeiden wirksamer Zündquellen“ eine ausreichende Sicherheit erlangt werden.

In Bandrocknern/Hordentrocknern besteht in erster Linie Brandgefahr. Brände können vor allem durch Staubablagerungen im Bereich der Heizeinrichtungen entstehen.

Als Brandschutzmaßnahmen haben sich bewährt:

- gefährliche Staubablagerungen und Anbackungen vermeiden,
- Begrenzen der Verweilzeit des Produktes im Temperaturfeld.

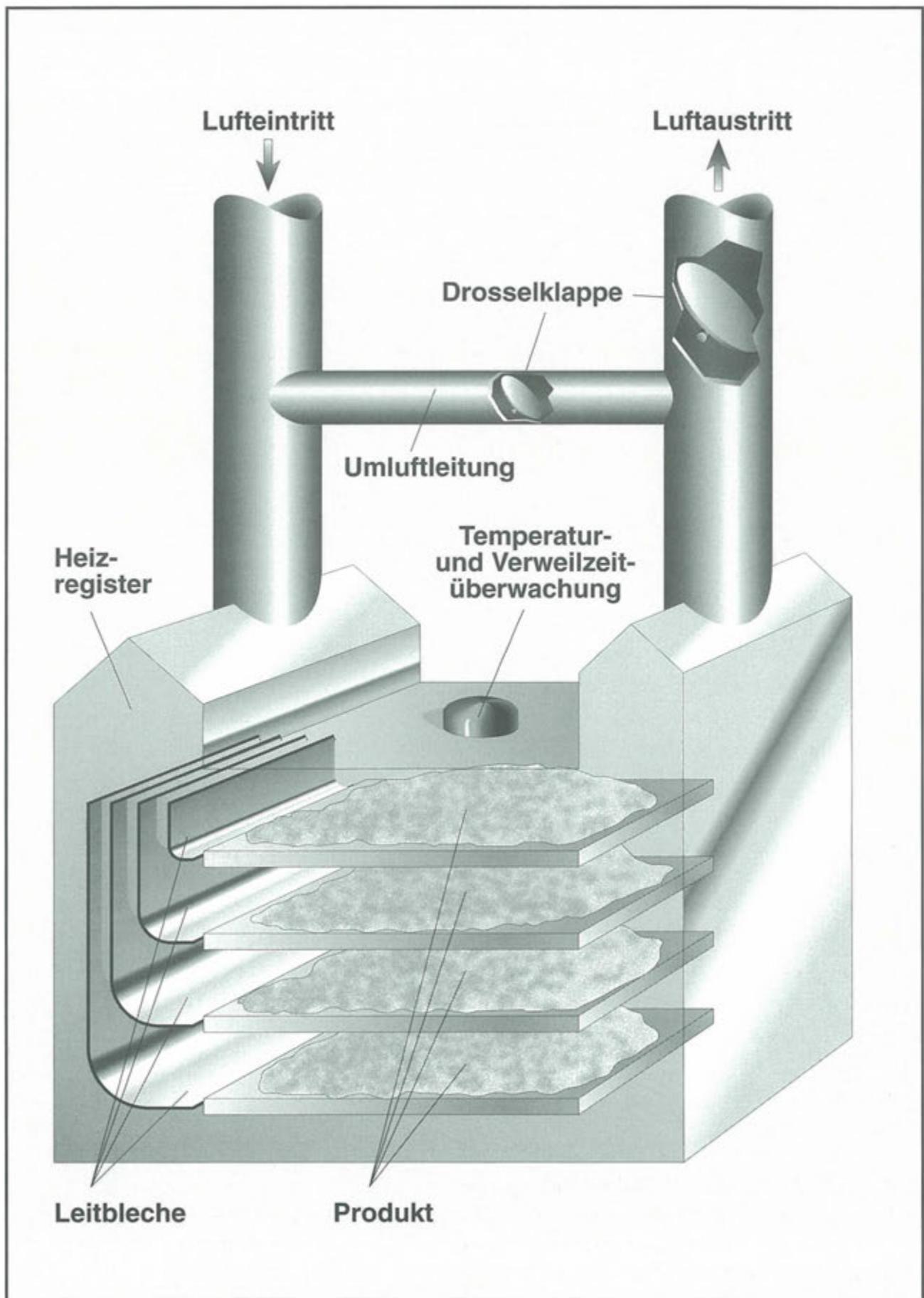


Abb. 8: Schematische Darstellung eines Hordentrockners

