

Pneumatische Rührung in Brühebehältern von Pflanzenschutzspritzen

Landmaschinen-Institut der Universität Göttingen

Die Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Konzentration der Wirkstoffe in einer Pflanzenschutzbrühe ist eine Grundvoraussetzung für ihre erfolgreiche Anwendung. Man ist bestrebt, sie durch intensive Bewegung der Brühe aufrechtzuerhalten und benutzt in der Praxis dazu entweder mechanische Rührvorrichtungen oder läßt Flüssigkeitsstrahlen in die Brühe eintreten oder man führt Luft unter Druck ein, um deren Expansion und kinetische Energie zum gewünschten Rühreffekt auszunutzen.

Diese drei Rührmethoden sind etwa gleich alt. So wurden z. B. in einer automatischen Rückenspritze schon vor Jahren durch besondere Luftführung aufsteigende Luftblasen zum Aufrühren der Brühe benutzt. Die Anwendung der rücklaufenden Brühe zum Rühren ist ebenfalls schon länger bekannt, doch hatten die meisten Spritzgeräte mechanische Rührvorrichtungen, da diese auch bereits abgesetzte Stoffe wieder aufzuwirbeln vermögen und das Rühren mit Flüssigkeitsstrahl überhaupt erst bei motorischem Antrieb der Pumpen in Erwägung gezogen werden konnte.

Mechanische Rührvorrichtungen

Das mechanische Umrühren wirkt sehr intensiv. Nähere Untersuchungen führte L. Kuhn 1947 durch¹⁾. Er fand bei einer 1%igen Kupferkalkarsenbrühe, die bekanntermaßen wegen ihrer groben Teilchen rasch zum Absetzen neigt, folgende Zusammenhänge:

Zur Herstellung und Aufrechterhaltung einer einheitlichen Konzentration im Behälter ist ein bestimmtes Verhältnis von Gesamtvolumen, das ungefähr gleich dem Faßinhalt gesetzt werden kann, zum Rührvolumen erforderlich. Unter Rührvolumen ist hierbei dasjenige Brühvolumen zu verstehen, das pro Zeiteinheit von dem Rührorgan durch dessen Bewegung theoretisch verdrängt wird. So würde z. B. ein Brettrührwerk, das eine wirksame Rührfläche des Brettes von 10 x 10 cm und einen Hub von 5 cm hat, und das in der Minute 30 mal über den vollen Hub hin und her bewegt wird, ein „Rührvolumen“ von

$$\frac{10 \times 10 \times 5 \times 2 \times 30}{1000} \text{ l/min d. h. } 30 \text{ l/min}$$

ergeben.

Bei den Versuchen mit mechanischen Rührwerken konnten folgende Verhältnisse ermittelt werden:

| Versuch | Behält. Inhalt | Rührvolum. je Minute | Verhältnis | Art des Rührwerkes |
|---------|----------------|----------------------|------------|----------------------|
| 1 | 80 | 99 | 1 : 1,24 | Tellerrührwerk |
| 2 | 80 | 99 | 1 : 1,24 | Tellerrührwerk |
| 3 | 80 | 206 | 1 : 2,58 | Tellerrührwerk |
| 4 | 80 | 206 | 1 : 2,58 | Tellerrührwerk |
| 5 | 80 | 608 | 1 : 7,65 | Doppeltellerrührwerk |
| 6 | 80 | 608 | 1 : 7,65 | Doppeltellerrührwerk |
| 13 | 180 | 780 | 1 : 4,33 | Blattrührwerk |
| 14 | 180 | 1142 | 1 : 6,35 | Blattrührwerk |
| 15 | 180 | 1723 | 1 : 9,60 | Blattrührwerk |
| 16 | 275 | 1110 | 1 : 4,05 | Propellerrührwerk |

Von diesen Rührwerken brachten nur die der Versuche 5, 6, 14, 15, 16 eine ausreichende Rührwirkung zustande. Das bedeutet, daß bei den mechanischen Rührwerken folgende Verhältnisse von Behältervolumen zu Rührvolumen/min vorliegen müssen, um bei leicht absetzenden Brühen konstante Konzentrationen zu erhalten:

| | |
|--------------------|---------|
| Tellerrührwerke | 1 : 7,5 |
| Blattrührwerke | 1 : 6,5 |
| Propellerrührwerke | 1 : 4 |

Diese Zahlen sind an marktgängigen Rührwerken und Spritzen gewonnen. Es wäre denkbar, Rührwerksformen- und Be-

wegungen zu finden, die noch günstigere Verhältnisse schaffen. Da es aber jederzeit möglich ist, die mechanischen Rührwerke so auszugestalten, daß sie Absetzungen durch Gummileisten oder andere Elemente mechanisch wieder in Bewegung bringen, erscheint eine Vertiefung der Untersuchungen in dieser Richtung nicht sehr fruchtbar.

Auch die Frage nach dem Energiebedarf von mechanischen Rührwerken ist nicht sehr interessant, weil er zum Teil auf rein mechanische Elemente — Lager- und Stopfbuchsreibung, Riemen-, Ketten-, Zahnradantriebe — entfällt und der hydraulische Teil des Energieverzehr unter anderem auch vom Füllungsgrad des Behälters, der sich ständig ändert, abhängt.

Zudem spielt der Energiebedarf dieses Rührwerks gegenüber dem Spritzbetrieb mit hohem Druck und großen Ausbringmengen nur eine unbedeutende Rolle. Erst wenn man im Zuge einer Arbeitsrationalisierung vom Spritzen zum Sprühen, also zum Feinverteilen geringer Ausbringmengen und zur Herabsetzung des Drucks, übergeht, gewinnt auch die Frage des Energieverbrauches für das Umrühren Interesse, zumal dann beim gleichen Faßinhalt die Entleerungszeiten anwachsen. Da nun wiederum das hydraulische wie auch das pneumatische Umrühren technisch einfachere Lösungen ergeben, wird man bei Sprühgeräten keine mechanischen Rührwerke mehr finden. Aber auch bei den motorischen Spritzgeräten wird das hydraulische Rührwerk heute mit Vorzug verwendet, so daß sich eine erneute Untersuchung der mechanischen Rührwerke wohl erübrigt.

Pneumatische Rührung

Um so mehr Interesse dürfte für die Ergebnisse der Untersuchung der pneumatischen Rührung vorzusetzen sein, über die nachstehend berichtet werden soll.

Folgende Fragen waren zu klären:

1. Welches ist die günstigste Luftausbringungsmethode, bei der mit dem geringsten Energieaufwand ein ausreichender Rührerfolg erzielt wird?
2. Wie hoch belaufen sich bei optimaler Düsenanordnung die für ausreichenden Rührerfolg erforderlichen Mengen- und Energieaufwendungen?
3. Durch welche zusätzlichen Maßnahmen läßt sich der zur ausreichenden Rührwirkung erforderliche Aufwand verringern?

Luft als Überträger der Rührenergie

Vor Klärung dieses Fragenkomplexes sei zunächst das Verhalten der Luft als Überträger der Rührenergie geschildert. Wesentlich beim Rühren ist, daß eine Brühe nicht nur bewegt wird, sondern daß sie eine gerichtete Bewegung, eine Strömung erhält. Diese muß Gewähr dafür bieten, daß sie alle absitzenden Teilchen wieder hochbefördert. Durch zweckmäßige Düsenanordnung muß eine Energieübertragung von Luft auf Wasser mit möglichst gutem Wirkungsgrad angestrebt werden, indem einmal das geringe Energiepotential des direkten Luftstrahls ausgenutzt wird, zum andern aber auch die Auftriebskräfte der an die Oberfläche steigenden Luft der Strömung voll zugute kommen.

Das Problematische liegt jedoch darin: Wie kann man eine auf solche Weise hervorgerufene Strömung und damit die Wirksamkeit der Rührmaßnahme objektiv messen? Handelt es sich doch keinesfalls um eine gleichmäßige Strömung, sondern um eine Unsumme von Wirbelbildungen, die eine Falge der ständig wechselnden Relativbewegungen innerhalb der Brühe sind. Diese Wirbel können durch die dauernden Neubildungen der Grenzflächen zwar eine gute und vollständige Durchmischung der Brühe unterstützen, doch gehen hier fortwährend Energien aus der Hauptbewegung in Nebenbewe-

¹⁾ Diss. Göttingen 1947.

gungen über, die, durch Viskosität und Trägheit der Flüssigkeit gedämpft, ja schließlich aufgezehrt, der Strömungsverbesserung verlorengehen.

Aus eingehenden Vorversuchen und theoretischen Erwägungen resultierte die Erkenntnis, daß es nicht möglich ist, durch lokale Strömungsmessungen zu Aussagen über den Rührerfolg zu gelangen. Mit Hilfe integraler Strömungsmessungen kann man Mittelwerte hinsichtlich der Gesamtströmungen erhalten, doch wirken die zugrundeliegenden Einzelströmungen keinesfalls integrierend auf den Rührerfolg ein. Wesentlich aufschlußreicher für die Beurteilung ist eine Betrachtung der Suspensionsteilchen, die durch diese Strömung in Schwebelage gehalten werden sollen, sowie der Teilchen, die sich am Boden abgesetzt haben.

Versuchsdurchführung

Auf die Versuchsanordnung und -durchführung im einzelnen einzugehen, ist hier aus Raumangel leider nicht möglich. Es mögen daher einige Angaben genügen. Hilfsmittel waren:

Ein liegendes zylindrisches Faß in der Form und Größe eines Brühebehälters;

ein Photometer für die Konzentrationsmessungen, das, eigens für diesen Zweck gebaut, bei schneller und sicherer Handhabung eine ausreichende Genauigkeit garantierte;

ein Kompressor zur Lufterzeugung mit regulierbarem Reduzierventil und einer Gasuhr zur Mengemessung.

In dem beschriebenen Bottich wurde eine 1%ige Pflanzenschutzbrühe (Kupferkalk) angesetzt und durch Luftstrahl gerührt, um sie am Absetzen zu hindern. Umfangreiche Vorversuche erwiesen in diesem Zusammenhang folgende Anordnung der Düsen als die günstigste: Aus zwei auf dem Grund des Behälters nebeneinander liegenden Luftrohren wurde die Luft durch gegeneinander versetzte Düsen (Solex-Leerlaufdüsen) ausgebracht.

Die gewonnenen Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet, wobei alle Streuungen nach den verschiedenen Streuungsursachen zerlegt wurden, unter besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Wechselwirkungen. Auf diese Weise wurde der Nachweis erbracht, daß die Unterschiede als gesichert angesehen werden müssen und ausschließlich auf der Leistungsfähigkeit der Rührwerksanordnung beruhen und somit einen Maßstab für deren Wirksamkeit darstellen.

Die Beurteilung des Rührerfolges nahm auf die Grenzen Bezug, die die Biologische Bundesanstalt für eine richtig ausgebrachte Brühe hinsichtlich ihrer Gleichmäßigkeit gezogen hat (Toleranzbereich $\pm 5\%$ der Normkonzentration).

Bei dem untersuchten Pflanzenschutzmittel handelte es sich um eine Sonderanfertigung von Kupferkalk ULTRA, zu der die Firma Schering A.G. sich freundlicherweise bereitfand, um für die Untersuchung ein Mittel weitestgehend homogener Größenverteilung ohne die bei Lufrührung lästige Eigenschaft der Schaumbildung zur Verfügung zu stellen. Durch geeignete Umrechnungsmaßnahmen wurden die Ergebnisse derart reduziert, daß sie für die durchschnittlichen Spritzmittel des deutschen Pflanzenschutzmarktes Geltung haben dürften.

Die Abstände der beiden Düsenrohre waren variabel, und es stellte sich heraus, daß der beste Nutzeffekt beim Abstand von etwa 80 mm erzielt wurde. Bei größerem Abstand setzten sich infolge der zu geringen Wirkungsweite der Luftstrahlen zwischen den Düsenrohren Teilchen ab; bei geringerem Abstand dagegen außen neben den Düsenrohren.

Versuchsergebnisse

Wie Abbildung 1 zeigt, betrug der günstigste Düsendurchmesser 0,50 mm. Hierbei ergab sich der spezifische Mischleistungsbedarf (Leistungsbedarf von 1 l Brühe zur ausreichenden Rührung, bei der sich nicht mehr Teilchen absetzen, als laut B.B.A. zu tolerieren sind) bezogen auf das Luftvolumen: 0,0056 l/sec, und auf die Luftleistung: 0,009 mkg/sec. Beim Variieren der Düsenentfernungen auf den Rohren stellte sich die Wirkungsbreite von 30 mm als optimal heraus (Abb. 2). Durch die größeren Entfernungen voneinander vergrößern sich die Wirkungsbreiten für die Einzeldüsen und

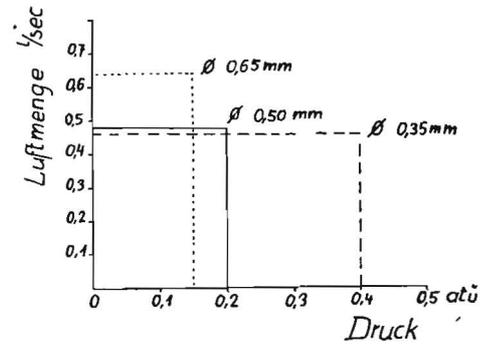


Abb. 1: Die bei verschiedenen Düsendurchmessern zur ausreichenden Rührung von 86 l Brühe erforderlichen Leistungen, die sich aus aufgewandter Luftmenge und aufgewandtem Druck ergeben

somit die Bodenfläche, die vom Einzelstrahl freigeblasen werden muß. Damit wächst die Gefahr, daß auf dem Grunde tote Bereiche mit stärkerer Absetzung entstehen. Zu diesen Unsicherheitsfaktoren kommt außerdem die Tatsache, daß bei weiter auseinanderliegenden Düsen ein unverhältnismäßig hoher Leistungsaufwand erforderlich ist, die benötigten Luftmengen sich aber nur unwesentlich verringern.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wurden Untersuchungen darüber angestellt, durch welche weiteren Maßnahmen der zur Rührung erforderliche Aufwand sich wohl verringern ließe.

Es stellte sich dabei heraus, daß der Rauheitsgrad der Behälterwand bei den geringen Geschwindigkeiten kaum eine Bedeutung für die Strömung hat und daß in einem gerüttelten Behälter der Mischleistungsbedarf ebenso groß ist wie in einem stillstehenden.

Zusammenfassung

Im praktischen Pflanzenschutz kommt der pneumatischen Rührmethode nur begrenzte Bedeutung zu. Wenn allerdings bisweilen festgestellt wurde, daß eingebaute pneumatische Rührwerke keine befriedigende Mischung des Fösinhaltes bewirkten, so muß als Grund hierfür wohl die technisch unzureichende Form der Luftausbringung angenommen werden. Ein

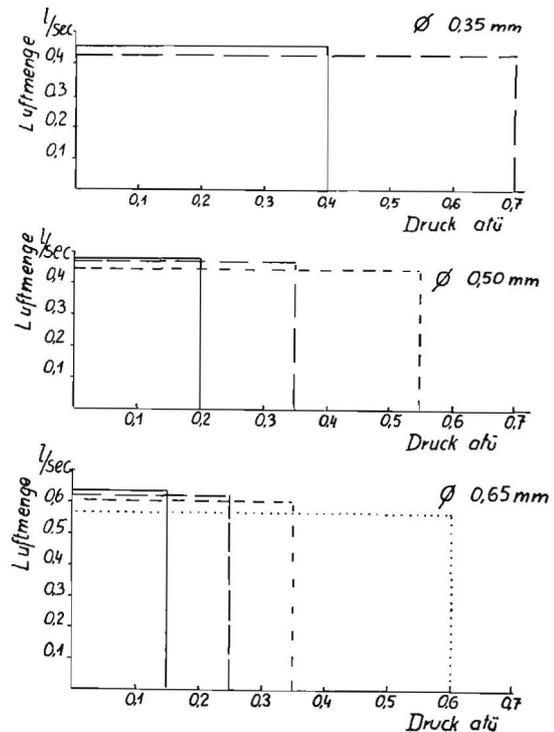


Abb. 2: Erforderliche Leistungsaufwendungen bei den verschiedenen Wirkungsbreiten der Düsen für 86 l Brühe

Wirkungsbreite ————— 30 mm ———— ··········· 45 mm
 ———— ··········· 60 mm ———— ··········· 80 mm

sicherer Rührerfolg ist da gewährleistet, wo ein besonders starker Luftstrom vorhanden ist, der in seiner Gesamtheit durch die Brühe geleitet werden kann und damit zu ihrer Rührung beiträgt.

Anders dagegen liegen die Verhältnisse bei Spritzen, bei denen die Luft die Flüssigkeit aus den Düsen hinausdrückt. In diesem Fall ist nämlich die zum Rühren verfügbare Luft in ihrer Menge begrenzt und gleich dem Volumen der an den Düsen auszubringenden Spritzbrühe. Dabei ist entscheidend für die Anwendungsmöglichkeit eines pneumatischen Rührwerks das Verhältnis von ausgebrachter Brühmenge zum Gesamtfäßinhalt. Nach den oben beschriebenen Ergebnissen beträgt die zur ausreichenden Rührwirkung erforderliche Luftmenge in der Minute etwa ein Drittel des Volumens der zu rührenden Brühe; das bedeutet praktisch, daß der Faßinhalt von 86 Litern in drei Minuten verspritzt sein muß. Diesen Bedingungen kann man nur durch Verringerung des Faßvolumens näherkommen, doch sind dieser Maßnahme vom Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit der Pflanzenschutzmaßnahmen her Grenzen gesetzt: Geringeres Faßvolumen erfordert häufigeres Nachfüllen und vergrößert dadurch den Anteil der Leerlaufzeit an der Gesamtarbeitszeit. In der Praxis sind allgemein die Spritzen so dimensioniert, daß die Dauer einer Faßentleerung 10—15 Minuten beträgt.

Allgemein wird man ein pneumatisches Rührwerk nur da anwenden, wo sich aus dem gesamten Bauprinzip die Voraussetzungen hierfür ergeben, wo etwa — wie bei Sprühgeräten — ein besonders starker Trägerluftstrom vorhanden ist.

In diesem Zusammenhang sei noch auf einen grundsätzlichen Nachteil hingewiesen, der der pneumatischen Rührmethode anhaftet: Das Durchperlen der Luftblasen ruft eine unverhältnismäßig starke Schaumbildung hervor, wie das weder beim hydraulischen noch beim mechanischen Rührwerk in dem Maße der Fall ist. Sie hat ihre Ursache in der Stabilität der Blasenhäute, die durch Netzmittel begünstigt wird, und tritt bei allen Handelspräparaten in mehr oder weniger starkem Umfang auf. Der im Schaum vorhandene Wirkstoff ist praktisch verloren, da er nicht in geregelter Form auf die Kulturpflanzen gebracht wird, sondern beim Nachfüllen des Fasses ausläuft. Die chemische Industrie ist in Anbetracht dieser Tatsache bestrebt, der Brühe gute Netzigenschaften ohne die unerwünschte Schaumbildung zu vermitteln.

Abschließend muß gesagt werden, daß durch Luftzufuhr eine völlig befriedigende Mischung von Pflanzenschutzbrühen möglich ist. Und wenn auch der Lufrührung hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Eignung und Anwendungsmöglichkeit klare Grenzen gesetzt sind, so hat sie doch vom Gesichtspunkt der Leistungsausnutzung und somit der Wirtschaftlichkeit Vorteile gegenüber den anderen Arten der Rührung. In der Praxis ist der zur Rührung erforderliche Energieaufwand verschwindend gering, so daß er neben dem Energieaufwand zur Ausbringung der Brühe nicht ins Gewicht fällt.

Sorptionsisothermen für Getreide und Raps

in Heft 2/1956 der „Landtechnischen Forschung“ hat Dipl.-Phys. H. J. Pichler auf Seite 48 die Messung des Dampfdruckes mit dem Dubrovin-Manometer beschrieben. Leider sind beim Druck die Zeilen zur Unterschrift der Abbildung 1 etwas durcheinandergeraten. Die Bildunterschrift muß lauten:

Abb. 1: Meßprinzip des Dubrovin-Manometers

Mit folgenden Bezeichnungen:

- p = Dampfdruck
 γ_1 = spez. Gewicht von Quecksilber
 γ_2 = spez. Gewicht von Glas
 G = Gewicht des Aufsatzkopfes des Schwimmers mit Ablesemarke
 F = Deckfläche des Aufsatzkopfes = πr^2
 r = innerer Radius des Hohlkörpers
 δ = Wandstärke des Hohlkörpers

gilt

$$pF + p2\pi r\delta + G + 2\pi r\delta l\gamma_2 = 2\pi r\delta y_1\gamma_1$$

$$p \underbrace{F + 2\pi r\delta}_{= A} = \underbrace{2\pi r\delta\gamma_1}_{= B} y_1 - \underbrace{(G + 2\pi r\delta l\gamma_2)}_{= C}$$

$$pA = By_1 - C \qquad p = \frac{B}{A} y_1 - \frac{C}{A}$$

Es ergibt sich also eine lineare Abhängigkeit des Druckes von der Eintauchtiefe y_1 .

Außerdem ist auf Seite 47 in den beiden Gleichungen (1) und (2) das l durch eine l zu ersetzen.

Résumé:

Prof. Dr.-Ing. K. Gallwitz und Dr. agr. H. Kiehl: „Pneumatische Rührung in Brühebehältern von Pflanzenschutzspritzen.“

Eine gleichmäßige Konzentration der Wirkstoffe in einer Pflanzenschutzbrühe läßt sich nur durch intensive Bewegung der Brühe rechterhalten. An Rührmethoden sind mechanische, hydraulische und pneumatische bekannt. Frühere Untersuchungen über das mechanische Umrühren haben ergeben, daß dabei ein bestimmtes Verhältnis zwischen Gesamtbrühvolumen und Rührvolumen erforderlich ist, das von der Art des Rührwerks abhängt. Neue Versuche mit der pneumatischen Rührung ergaben, daß durch Luftzufuhr unter bestimmten Voraussetzungen eine völlig befriedigende Mischung von Pflanzenschutzbrühen möglich ist. Ihrer grundsätzlichen Eignung und Anwendungsmöglichkeit sind jedoch klare Grenzen gesetzt. Die Verfasser kommen zu dem Ergebnis, daß man ein pneumatisches Rührwerk nur da anwenden wird, wo sich aus dem gesamten Bauprinzip die Voraussetzungen dafür ergeben, wie etwa bei Sprühgeräten mit einem besonders starken Trägerluftstrom.

Prof. Dr. Ing. K. Gallwitz and Dr. agr. H. Kiehl: „Pneumatic Stirring in Solution Containers of Plant Protection Sprays.“

An even concentration of the ingredients in solutions used for plant protection purposes can only be maintained by constant and intensive movement of the solution within its container. Mechanical, hydraulic and pneumatic methods of stirring and agitating are available. Tests made with mechanical stirring methods have shown that it is necessary that a definite relation between the total quantity of the solution and the quantity under agitation be maintained. This relationship depends on the type of stirring mechanism employed. Recent tests made with pneumatic stirring devices show that, under certain conditions, the air admitted will be sufficient to ensure that the solution will be properly mixed. However, there are definite limits to the possibilities of utilisation of such devices. The authors then arrive at the conclusion that a pneumatic stirring mechanism should only be used in cases where the type of appliance used is suitable. Sprayers utilising extra strong air streams come under this heading.

Prof. Dr.-Ing. K. Gallwitz et Dr. agr. H. Kiehl: «Agitation pneumatique des liquides caustiques dans les réservoirs de pulvérisateurs.»

Une répartition uniforme des agents actifs d'un liquide caustique ne peut être maintenue qu'au moyen d'un brassage intense. On connaît des méthodes d'agitation mécanique, hydraulique et pneumatique. Des essais antérieurs ont montré qu'un certain rapport entre le volume total de liquide et le volume agité est nécessaire qui dépend du type d'agitateur utilisé. Des essais récents ont révélé que l'on peut obtenir un brassage entièrement satisfaisant par la méthode pneumatique en introduisant dans le liquide un certain volume d'air dans des conditions bien déterminées. Toutefois, le champ d'application de l'agitation pneumatique est nettement limitée. Des auteurs concluent qu'un agitateur pneumatique ne peut être utilisé qu'à la condition que la machine possède certaines caractéristiques indispensables comme il est le cas par ex. pour les épandeurs disposant d'un courant d'air particulièrement puissant.

Ing. Dr. K. Gallwitz, catedrático, e agr. Dr. H. Kiehl: «La remoción neumática en los recipientes de los pulverizadores de insecticidas.»

La concentración uniforme de los agentes activos en los caldos protectores de plantas sólo puede mantenerse por el movimiento intenso del caldo, conociéndose procedimientos mecánicos, hidráulicos y neumáticos. Investigaciones anteriores del procedimiento mecánico han demostrado que éste requiere una relación determinada entre el volumen total del caldo y el volumen de remoción que depende de la clase del mecanismo. Nuevas investigaciones de la remoción neumática han demostrado que en ciertas circunstancias la inyección de aire permite una mezcla altamente satisfactoria de los caldos protectores. La conveniencia de su aplicación está, sin embargo, claramente delimitada. Los autores han llegado a la conclusión de que sólo debe emplearse la remoción neumática, cuando la construcción de todo el aparato pulverizador cumpla las condiciones especiales, como p. e. los pulverizadores que trabajen con un chorro de aire portador especialmente fuerte.