

## Beschreibung.

---

### Stossdämpfer mit Druckstufung.

---

Es ist bekannt, dass bei fast allen Maschinen und Einrichtungen, in deren Betriebe Stösse auftreten, Stossdämpfer eingebaut werden. Diese haben den Zweck, den Stoss zu dämpfen und die Energie des Stosses durch elastische Formänderungen zu vernichten. Es werden deshalb zu diesem Zweck vorwiegend Materialien mit hohen Elastizitätseigenschaften (Stahl, Gummi u. dgl.) oder Zylinder, in denen Luft oder Gasgemische verdichtet oder verdünnt werden, verwendet. Es sind auch Vorrichtungen bekannt, bei denen Flüssigkeiten (Wasser, Oel u. dgl.) durch kleine Oeffnungen (Düsen) ausgestossen oder angesaugt werden. Ebenso gibt es bereits Anordnungen, bei denen gleichzeitig feste, flüssige oder luftförmige Körper zur Gewinnung von Formänderungsarbeit verwendet werden. Dabei ist es möglich, die einzelnen Stoffarten einzeln, gruppenweise oder zusammen wirken zu lassen. Es sind auch Vorrichtungen bekannt, bei denen die im Arbeitszylinder verdichtete Luft in einen besonderen Behälter gepresst wird und dort verbleibt. Die Luft kann also nicht wieder im Zylinder expandieren und es ist ein weiterer zusätzlicher Zylinder erforderlich, der den Hauptzylinder für den nächsten Arbeitshub wieder auffüllt.

Alle solche Einrichtungen finden überall da, wo Stösse, Schläge oder Schwingungen aufgenommen oder gedämpft werden müssen, weitgehende Verwendung. Eine besonders lebenswichtige Rolle spielt die Stossdämpfung aber bei allen Flug- und Fahrzeugen. Die hierbei auftretenden Lande- und Rollstösse sind im Verhältnis zu den anderen auftretenden Beanspruchungen so gross, dass die Betriebssicherheit und damit der Wert eines Flug- oder Fahrzeuges

im hohen Masse von einer guten Stossdämpfung abhängt. Man ist in der letzten Zeit immer mehr dazu übergegangen, pneumatisch oder hydraulisch wirkende Stossdämpfer den früher vorwiegend verwendeten Gummi- oder Stahlfederungen vorzuziehen. Die pneumatisch wirkenden Stossdämpfer bestehen meistens aus je einem mit Luft gefüllten Zylinder, in welchen beim Auftreten eines Stosses ein Kolben eingeführt wird. Dadurch wird die vor dem Kolben liegende Luft verdichtet und der Stoss gedämpft. Oft besteht der Verdichtungsraum aus mehreren Kammern, die nur durch kleine Oeffnungen miteinander verbunden sind. Auf diese Weise wird sowohl beim Hingang, als auch beim Rückgang des Kolbens die Dämpfung verbessert. Es gibt auch Anordnungen, bei denen der Kolben auf eine Flüssigkeit wirkt, welche beim Hingang des Kolbens durch Düsen in einen allseitig geschlossenen Luftraum gespritzt wird. Da die Flüssigkeit den Luftraum immer mehr und mehr ausfüllt, wird die darin befindliche Luft verdichtet. Von all diesen Vorrichtungen gibt es zahlreiche Abarten und Verbindungen verschiedener Arten miteinander. Immer aber wird Luft oder irgend ein gasförmiger Stoff verdichtet und auf diese Weise die Dämpfung des Stosses erzielt. Das Mass der Dämpfung ist abhängig von der Arbeitsaufnahme des verdichteten Stoffes, welche sich rechnerisch oder versuchsmässig ermitteln und in einem Weg-Kraft-Diagramm veranschaulichen lässt.

Da aber der aus praktischen Gründen zur Verfügung stehende Federweg bei Flug- und Fahrzeugen meistens sehr beschränkt ist, ergeben sich aus den Weg-Kraft-Diagrammen verhältnismässig hohe Endkräfte.

Der Zweck der vorliegenden Erfindung ist nun, eine Stossdämpfung zu schaffen, bei der durch eine oder mehrere Druckstufen beim Verdichtungs Vorgang der Enddruck im Verdichtungsraum bei gleicher Arbeitsaufnahme bedeutend kleiner und somit die Federung viel weicher wird,

Weiterhin soll durch die Erfindung bei einseitiger Radbelastung eine vorteilhaftere Beschleunigung des Aufsetzens des zweiten Rades oder bei Vorhandensein mehrerer Räder der übrigen Räder erzielt werden.

Zu diesem Zweck werden erfindungsgemäss ausser dem in jedem beliebigen Luftdruckzylinder vorhandenen Verdichtungsraum noch ein oder mehrere weitere bereits mit vorverdichteter Luft angefüllte Verdichtungsräume vorgesehen, die von dem Verdichtungszyylinder durch automatisch wirkende oder gesteuerte Ventile oder Schieber getrennt sind. Je nach der Einregulierung der Ventile oder Schieber werden die zusätzlichen Verdichtungsräume einzeln, gruppenweise oder alle zusammen in den Verdichtungs Vorgang eingeschaltet. Die beiliegenden Zeichnungen zeigen teilweise schematisch einige Ausführungsformen des Erfindungsdankens.

In Fig. 1 ist über dem Verdichtungsraum a noch ein zweiter Verdichtungsraum b vorgesehen, der von a durch ein Ventil v getrennt ist. Das Weg-Kraft-Diagramm eines solchen Luftdruckzylinders ist in Fig. 6 dargestellt. Darin sind in der üblichen Weise auf der Horizontalschse (Abszisse) die Ferderwege s und auf der Vertikalachse (Ordinate) die auf den Kolben k wirkenden Kräfte P (Weg-Kraft-Diagramm) oder die Zylinderdrücke p (Weg-Druck-Diagramm) aufgetragen. Der Linienzug A in dieser Figur stellt im W-D-Diagramm den beispielsweise Verlauf des Luftdruckes p oder im W-K-Diagramm die beispielsweise Kolbendrücke P dar, wenn die Luft nur im Verdichtungsraum a der Fig. 1 verdichtet würde. Es ist das also das beispielsweise Diagramm eines bekannten Stossdämpfers.

Die Wirkungsweise der in den Figuren 1 - 5 dargestellten Stossdämpfer gemäss der vorliegenden Erfindung ergibt sich wie folgt:

In Fig. 1 herrscht beispielsweise bei der Anfangsstellung o des Kolbens k im Verdichtungsraum a ein Luftdruck von  $p = 2$ . Wenn der Kolben k beim Eindringen in den Zylinder beispielsweise die gestrichelt gezeichnete Stellung x erreicht hat, hat sich das Volumen im Verdichtungsraum a verkleinert und der Luftdruck hat sich beispielsweise von  $p = 2$  auf  $p = 5$  erhöht. (vergl. auch Fig. 6). Durch diesen Druck ist das Ventil v, welches durch eine Feder d gesteuert wird, soweit in die Führung e hineinge-

drückt, dass die Oeffnungen f freigegeben werden. Dadurch ist der Verdichtungsraum b, der gemäss der vorliegenden Erfindung mit vorverdichteter Luft von dem in diesem Beispiel gültigen Drucke von ungefähr  $p = 5$  gefüllt sein muss, in den weiteren Verdichtungs Vorgang eingeschaltet. Eine Entspannung der Luft findet also im Luftraum a nicht statt, weil der Luftraum b annähernd denselben inneren Druck besitzt, wie der Luftraum a bei Freigabe der Oeffnungen f durch das Ventil v. Beim weiteren Hingang des Kolbens k wird jetzt das grössere Volumen (a + b) verdichtet. Im W-D-Diagramm tritt also nach Fig. 6 an der Stelle  $p = 5$  eine Verkleinerung des Tangentenwinkels der Arbeitskurve (im Folgenden mit "Druckstufung nach unten" bezeichnet) ein. Der weitere Verlauf der Verdichtung erfolgt nicht mehr gemäss des Linienzuges A, sondern nach dem Linienzuge B.

Es ist natürlich für die vorliegende Erfindung gleichgültig, an welcher Stelle des Linienzuges A die Druckstufung nach unten eingesetzt und wie gross das Zusatzvolumen b gewählt wird. Je grösser b ist, um so flacher verläuft der Linienzug B. Die Wahl der Druckstufung nach unten und der Verlauf des abgestuften Linienzuges kann den jeweils vorliegenden Anforderungen angepasst werden. Ebenso ist es natürlich gleichgültig, wie das Ventil v ausgeführt und gesteuert wird. Es kann ebensogut ein Klapp-, Teller- oder Schieberventil vorgesehen werden, deren Steuerung durch Luftdruck, Federdruck oder Stosstangen erfolgen kann.

Beim Rückgang des Kolbens k nach Fig. 1 bleiben die Oeffnungen f solange geöffnet, bis der Kolben k die Stellung x wieder erreicht hat. Bis zu dieser Stellung erfolgt also eine gleichmässige Entspannung der Luft in den Räumen a und b. Bei der Kolbenstellung x hat die Feder f das Ventil v so weit herabgeschoben, dass die Oeffnungen f versperrt sind. Beim weiteren Rückgang des Kolbens k bleibt also der Druck im Verdichtungsraum b konstant und die Entspannung erfolgt nur noch im Raume a. Der Rückschlag des Kolbens k kann in der üblichen Weise durch einen Gummipuffer g aufgefangen werden. Es ist auch üblich, in dem Kolben k kleine Bohrungen h

vorzusehen, durch welche ein Teil der verdichteten Luft beim Hingang des Kolbens in den hinter dem Kolben  $k$  gelegenen Raum gelangen kann, um dann beim Rückgang des Kolbens den Rückschlag zu dämpfen. Natürlich lassen sich auch alle anderen bekannten Dämpfungsarten vorsehn. Die mit  $n$  bezeichneten Teile sind Dichtungen,  $t$  sind Füllschrauben und  $r$  ist eine Verlängerung des Stossdämpfers.

Wenn also in Fig. 6 die unter dem Linienzug  $A$  liegende Fläche bis zu der Senkrechten  $E$  beispielsweise die erforderliche Arbeitsaufnahme darstellen würde, so wäre diese durch die Druckstufung  $p = 5$  um den von den Linien  $A, B$  und  $E$  eingeschlossenen Flächenteil verkleinert. Diese Verkleinerung lässt sich durch eine geringe Vergrößerung des Federweges  $s$  bis zur Senkrechten  $Z$  wieder ausgleichen. Je nach der Wahl der Druckstufe lässt sich in bestimmten Grenzen jedes gewünschte Verhältnis zwischen Enddruck und Federweg erreichen.

Fig. 2 zeigt eine beispielsweise Anordnung, wo der Verdichtungsraum  $b$  als Doppelmantel des Verdichtungsraumes  $a$  ausgebildet und ausserdem noch ein weiterer Verdichtungsraum  $c$  vorgesehen ist. Der Kolben  $k$  ist hierbei höhl ausgeführt und besitzt Oeffnungen  $i$  im oberen Kolbenboden. Dadurch ist das Innere des Kolbens  $k$  ein Teil des Verdichtungsraumes  $a$ . An Stelle des Ventiles  $v$  in Fig. 1 ist hier eine beispielsweise Ausführung einer Schiebersteuerung gezeigt. Die mit dem Kolben  $k$  verbundene Schieberstange  $m$  schliesst in der Anfangsstellung  $o$  die Oeffnungen  $f$  und  $q$  der Verdichtungsräume  $b$  und  $c$  ab. Wenn der Kolben  $k$  die Stellung  $x$  erreicht hat, geben die in der hohlen Schieberstange  $m$  vorgesehenen Schlitz  $z$  die Oeffnungen  $f$  frei. Dadurch ist der Verdichtungsraum  $a$  mit  $b$  verbunden. Beim weiteren Eindringen des Kolbens  $k$  in den Zylinder wird die Luft in den Räumen  $a$  und  $b$  solange verdichtet, bis der Kolben  $k$  die Stellung  $y$  erreicht hat. Bei dieser Stellung geben die Schlitz  $z$  auch noch die Oeffnungen  $q$  frei und der Verdichtungsraum  $c$  ist in den weiteren Verdichtungs Vorgang eingeschaltet. Der Raum  $c$  ist erfindungsgemäss mit verdichteter Luft gefüllt,

deren Druck bei Freigabe der Oeffnungen q durch die Schlitze z annähernd gleich dem Drucke der Luft in a und b bei der Kolbenstellung y ist.

Diese Anordnung der Druckkammern, bei denen die aus a verdrängte Luft direkt in die Kammern b und c gelangen kann, soll im Folgenden mit " nebeneinander geschalteten Druckkammern" bezeichnet werden. Es ist natürlich auch möglich, die Druckkammern c so anzuordnen, dass die aus a verdrängte Luft zuerst in die Kammer b und von dort in die Kammer c gelangen muss. Diese Anordnung soll im folgenden mit "hintereinander geschalteten Druckkammern" bezeichnet werden. Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist es aber auch möglich, hinter- und nebeneinander geschaltete Druckkammern gleichzeitig zu verwenden.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 2 würde also der Druck (vergl. Fig.6) zunächst nach dem Linienzuge A ansteigen. Bei der Kolbenstellung x wird die Kammer b zugeschaltet und der Druck steigt beim weiteren Hingang des Kolbens k nach der Linie B. Bei der Kolbenstellung y wird die Kammer c zugeschaltet und die weitere Drucksteigerung verläuft nach dem Linienzuge C. Solche Druckstufungen  $\times$  lassen sich an beliebigen Stellen beliebig oft wiederholen.

Die Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform, wo die Oeffnungen f direkt vom Kolben k gesteuert werden. Zu diesem Zwecke ist der obere und untere Kolbenboden mit Bohrungen i versehen. Dadurch besteht der gesamte Verdichtungsraum a aus den vor, hinter und innerhalb des Kolbens k gelegenen Einzelräumen. Da beim Eindringen des Kolbens k in den Zylinder die Raumverdrängung vor dem Kolben grösser ist, als der Raumzuwachs hinter dem Kolben, findet also auch hier eine Verdichtung der in a befindlichen Luft statt. Der Raumzuwachs hinter dem Kolben k ist um so kleiner, je dicker die Kolbenstange u ist. Bei der Anfangsstellung c des Kolbens k sind die Oeffnungen f vom Kolben k verschlossen. Erst wenn der Kolben k beim Hingang die Stellung x erreicht hat, sind die Oeffnungen f freigegeben und die Druckstufung setzt ein.

Es ist natürlich auch hier möglich, noch weitere Druckkammern neben oder hinter die Kammer b zu schalten.

Da jedoch aus Platzgründen oder bei Flugzeugen zur Vermeidung grösserer Luftwiderstände eine Verlängerung der Federstrebe nach Fig. 1 oder eine Verstärkung nach Fig. 2 und 3 unmöglich oder unerwünscht ist, sei in Fig. 4 noch eine beispielsweise Ausführungsform gezeigt, bei der die zusätzliche Druckkammer b getrennt von dem Verdichtungsraum a angeordnet ist. Hierbei kann der Verdichtungsraum b im Rumpf oder an beliebiger anderer Stelle angeordnet werden. Die beiden Verdichtungsräume a und b sind lediglich durch eine Rohr oder Schlauchleitung w miteinander verbunden. Die Ausführung ist im Einzelnen ganz beliebig und kann den praktischen Anforderungen jeweils angepasst werden. Das Ventil v wird in dieser beispielsweise Ausführung mittels Druckluft gesteuert, welche sich hinter dem Ventil v in der Führungshülse e befindet. Dieser Luftdruck ist so einreguliert, dass bei der Kolbenstellung x die Oeffnungen f durch das Ventil v freigegeben werden. Bei Weiterbewegung des Kolbens wird die aus a verdrängte Luft dann durch die Leitung w in den Verdichtungsraum b gedrückt. Es ist natürlich auch möglich, das Ventil v in der Eintrittsöffnung des Verdichtungsraumes b oder an beliebiger anderer Stelle anzuordnen. In der praktischen Ausführung wird sich aus Gründen der Zweckmässigkeit die jeweils günstigste Anordnung von selbst ergeben.

In Fig. 5 • ist eine beispielsweise Ausführungsform dargestellt, bei der vier mit den Ziffern 1, 2, 3 und 4 bezeichnete Stossdämpfer vorgesehen sind. Wenn diese vier Stossdämpfer gleichmässig belastet werden, wird bis zu den Kolbenstellungen x in jedem der vier Verdichtungsräume a die Luft gemäss des Linienzuges A der Fig. 6 verdichtet. Bei den Kolbenstellungen x werden die Oeffnungen f durch die Ventile v freigegeben und aus allen vier Stossdämpfern wird die Luft beim weiteren Hingang der Kolben k durch die Leitungen w in den gemeinsamen Verdichtungsraum b gedrückt. Der Rauminhalt des Verdichtungsraumes b lässt sich so bemessen, dass

der weitere Druckanstieg für jeden Stossdämpfer beispielsweise nach der Linie B der Fig. 6 erfolgt. Die Wirkungsweise und Arbeitsaufnahme jedes einzelnen Stossdämpfers ist also bei gleichmässiger Belastung genau dieselbe, als wenn jeder Zylinder seinen eigenen Verdichtungsraum  $b$  besässe, wie es zum Beispiel in den Fig. 1 bis 4 dargestellt ist. Wenn jedoch durch eine einseitige Radlandung beispielsweise nur der Stossdämpfer 1 allein belastet würde, so würde in dem zu 1 gehörenden Verdichtungsraum  $a$  die Luft bis zu der Kolbenstellung  $x$  ebenfalls gemäss des Linienzuges A der Fig. 6 verdichtet. Bei dieser Kolbenstellung werden die Oeffnungen  $f$  des Stossdämpfers 1 freigegeben. Der dadurch zugeschaltete Verdichtungsraum  $b$  hat jetzt aber die Wirkung eines vier mal grösseren Raumes, als bei gleichmässiger Belastung aller vier Stossdämpfer zu gleicher Zeit. Der Druckanstieg erfolgt dadurch bei den gleichen Federwegen viel langsamer. Der Druck wird also in Fig. 6 hinter der Druckstufe  $x$  nicht mehr nach der Linie B ansteigen, sondern bei dem gewählten Beispiel nach der Linie D. Das Rad kann also bei einseitigem Stoss viel leichter ausweichen und dadurch die übrigen Räder zum Aufsetzen bringen. Dasselbe gilt auch bei Fahrzeugen und anderen Einrichtungen. Würden beispielsweise die Stossdämpfer 1 und 2 nach Fig. 5 gleichzeitig belastet werden, so würde der Druckanstieg hinter der Druckstufe  $x$  in Fig. 6 nach einem Linienzuge erfolgen, der zwischen den Linien B und D verlaufen würde.

Im einzelnen ist es natürlich gleichgültig, wieviel Stossdämpfer auf einen gemeinsamen Verdichtungsraum  $b$  wirken, und wo dieser angeordnet ist. Es könnte beispielsweise auch jeder Stossdämpfer seinen eigenen Verdichtungsraum  $b$  erhalten, die dann alle zusammen oder gruppenweise durch Leitungen miteinander verbunden sind. Ebenso ist es möglich, ein oder mehrere Verdichtungsräume  $c$  neben oder hinter den Verdichtungsraum  $b$  zu schalten. Immer bezweckt die Druckstufung eine wesentliche Herabsetzung der Endlast  $P$  im W-K-Diagramm. Durch die grosse Weichheit der Federung wird

bei Flug- und Fahrzeugen die Bodenlage erheblich verbessert und die Sicherheit erhöht.

### P a t e n t a n s p r ü c h e .

---

1.) Stossdämpfer mit mehreren Verdichtungsräumen, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Verlauf der Arbeitskurve des ersten Verdichtungsraumes (a) durch die Hinzufügung eines zweiten mit entsprechend vorverdichteter Luft versehenen Verdichtungsraumes (b) aus seiner normalen Richtung (A) in eine flachere Richtung (B) abgelenkt wird, d.h. der Winkel der Arbeitskurventangente sich durch Hinzuschaltung einer zweiten mit entsprechend vorverdichteter Luft versehenen Druckkammer verkleinert.

2.) Stossdämpfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtungsräume (a und b) durch an sich bekannte, gesteuerte oder selbständige wirkende Ventile oder Schieber getrennt sind und bei einer beliebigen Kolbenstellung (x) durch die Ventile oder Schieber miteinander verbunden werden können.

3.) Stossdämpfer nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass noch weitere mit vorverdichteter Luft gefüllte Verdichtungsräume (c) vorhanden sind, die einzeln neben, hinter oder gruppenweise neben- und hintereinander geschaltet sind.

4.) Stossdämpfer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorhandensein mehrerer Verdichtungsräume dieselben durch eine gemeinsame oder durch getrennt voneinander wirkende Steuerung miteinander verbunden werden, dass die Steuerungen selbständig oder mechanisch oder teilweise selbständig und teilweise mechanisch wirkend sind.

5.) Stossdämpfer nach Anspruch 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtungsräume nicht direkt, sondern durch an sich bekannte Schlauch- oder Rohrleitungen miteinander verbunden sind.

6.) Stossdämpfer nach Anspruch 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtungsräume gruppenweise direkt oder gruppenweise durch Leitungen miteinander verbunden sind.

7.) Stossdämpfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorhandensein mehrerer Stossdämpfer diese einen gemeinsamen Verdichtungsraum (b) besitzen, auf den sie einzeln, gruppenweise oder gemeinsam wirken.

8.) Stossdämpfer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass noch mehrere Verdichtungsräume (c) neben, hinter oder gruppenweise neben und hinter den gemeinsamen Verdichtungsraum (b) geschaltet werden.

9.) Stossdämpfer, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorhandensein mehrerer Stossdämpfer jeder seinen eigenen Verdichtungsraum (b) oder seine eigen<sup>e</sup>n Verdichtungsräume (b und c) besitzt, die aber alle zusammen oder gruppenweise zusammen durch Leitungen miteinander verbunden sind.

10.) Stossdämpfer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass noch ein oder mehrere Verdichtungsräume (c) vorhanden sind, die aber von den Verdichtungsräumen (b) getrennt angeordnet und mit diesen durch Leitungen verbunden sind und dass die Stossdämpfer auf diese Verdichtungsräume (c) einzeln, gruppenweise oder gemeinsam wirken.

Der Patentanwalt