



(10) **DE 10 2010 014 901 A1** 2011.10.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 014 901.2**

(22) Anmeldetag: **14.04.2010**

(43) Offenlegungstag: **20.10.2011**

(51) Int Cl.: **E01C 19/48 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Bomag GmbH, 56154, Boppard, DE**

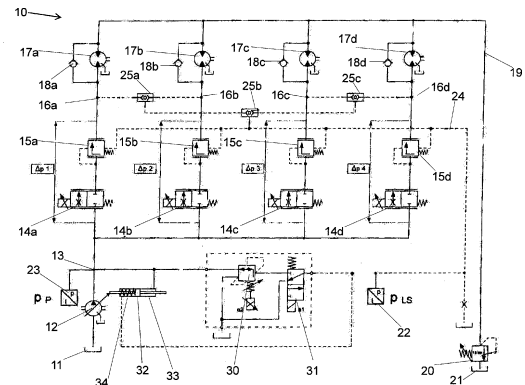
(72) Erfinder:  
**Christ, Hermann, 56288, Bubach, DE; Hagen, Irina, 56283, Halsenbach, DE; Nick, Moritz, 56154, Boppard, DE**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Lang & Tomerius, 80687, München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorderantrieb eines Straßenfertigers und Verfahren zur Steuerung desselben**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Straßenfertiger zum Verlegen von Straßenbaumaterial mit einer Einbaubohle, einem Bunker zur Aufnahme von Straßenbaumaterial, einem Radfahrwerk mit einer Hinterachse und mit einer lenkbaren Vorderachse sowie einer Hydraulikanordnung zum permanenten oder optional zuschaltbaren Antrieb von Hydraulikmotoren, welche an die Vorderräder gekoppelt sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Zugkraftregelung und zur Antriebsschlupfbegrenzung des Vorderantriebs eines Straßenfertigers.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Straßenfertiger zum Verlegen von Straßenbaumaterial mit einer Einbaubohle, einem Bunker zur Aufnahme von Straßenbaumaterial, einem Radfahrwerk mit einer Hinterachse und mit einer lenkbaren Vorderachse sowie einer Hydraulikanordnung zum permanenten oder optional zuschaltbaren Antrieb von Hydraulikmotoren, welche an die Vorderräder gekoppelt sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Zugkraftregelung und zur Antriebsschlupfbegrenzung des Vorderantriebs eines Straßenfertigers.

**[0002]** Straßenfertiger mit Radfahrwerken zeichnen sich durch ihre Mobilität und Wendigkeit gegenüber denen mit Kettenfahrwerken aus. Üblicherweise sind die Radfahrwerke von Straßenfertigern mit einem permanenten Hinterradantrieb und einem zusätzlichen Vorderradantrieb ausgestattet, welcher bei Bedarf, beispielsweise zur Erhöhung der Traktion im Arbeitsbetrieb, zugeschaltet werden kann. Aufgrund von äußeren Einflüssen, wie beispielsweise unterschiedliche Reibungsverhältnisse, sich ändernde Achslast der Vorderachse etc., ist es schwierig, eine optimale Traktion zu gewährleisten, so dass ein schlupffreier Antrieb bei maximaler Zugkraft erreicht wird.

**[0003]** Im Bereich der für Baumaschinen üblichen hydraulischen Antriebssysteme haben sich die so genannten „Load-Sensing-Systeme“ durchgesetzt. Dabei wird zur Minimierung von Verlustleistung und zur bedarfsgerechten Versorgung mehrerer hydraulischer Verbraucher der Pumpendruck so geregelt, dass ein konstanter Drucküberschuss gegenüber dem lasthöchsten Verbraucher aufrechterhalten wird. Dieser Drucküberschuss, welcher typischerweise zwischen 20 und 30 bar liegt, wird üblicherweise über eine Federvorspannung im Stellzylinder der Verstellpumpe eingestellt. Es besteht hierbei der Bedarf, die Verlustleistung, die sich aus dem Drucküberschuss und dem Förderstrom zusammensetzt, weiterhin zu reduzieren.

**[0004]** Zur Begrenzung des Antriebsschlupfes sind Straßenfertiger bekannt, welche mittels ständiger Drehzahlüberwachung für jedes Rad eine Abweichung der Ist-Drehzahl von der Soll-Drehzahl erkennen und gegebenenfalls durch Drehzahlbegrenzung entgegenwirken. Hierbei ist es nachteilig, dass der Aufwand an Sensorik und Regelung zu hoch ist.

**[0005]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Zugkraft des permanenten oder optional zuschaltbaren Vorderradantriebs optimal zu regeln und gleichzeitig eventuell auftretenden Radschlupf an den Vorderrädern aktiv zu begrenzen. Darüber hinaus ist es Ziel der Erfindung, den Regelungsaufwand und auch die Kosten zu senken.

**[0006]** Die Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 und durch das Verfahren gemäß Anspruch 9.

**[0007]** Die abhängigen Ansprüche sind auf vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

**[0008]** Der erfindungsgemäße Straßenfertiger zum Verlegen von Straßenbaumaterial, umfasst eine Einbaubohle, einen Bunker zur Aufnahme von Straßenbaumaterial sowie ein Radfahrwerk mit einer Hinterachse mit mindestens zwei permanent angetriebenen Hinterrädern und mit einer lenkbaren Vorderachse, einer Einfach- oder Tandemachse, mit n, vorzugsweise zwei oder vier, Vorderrädern. Des Weiteren umfasst der erfindungsgemäße Straßenfertiger Mittel zur Ermittlung der Achslast der Vorderachse, des Lenkwinkels, und der Arbeitsgeschwindigkeit des Straßenfertigers. Weiterhin ist erfindungsgemäß eine Hydraulikanordnung zum permanenten oder optional zuschaltbaren Antrieb von n Hydraulikmotoren, welche jeweils an je ein Vorderrad gekoppelt sind, vorgesehen.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Hydraulikanordnung umfasst n Steuerventile mit Drosseln, wobei die Querschnitte der Drossel individuell einstellbar sind, und n Druckwaagen mit n-1 Wechselventilen. Sie weist eine Verstellpumpe, eine Druck- und Förderstrom geregelte Pumpe, auf. Des Weiteren ist ein Microcontroller vorgesehen, welcher derart ausgelegt ist, dass er einen Soll-Differenzdruck zwischen einem Pumpendruck stromabwärts der Verstellpumpe/stromaufwärts der Steuerventile und einem höchsten Lastdruck stromabwärts der Druckwaagen/stromaufwärts der Hydraulikmotoren vorgibt.

**[0010]** Die erfindungsgemäße Hydraulikanordnung umfasst ferner eine Druckmessvorrichtung zur Ermittlung eines Ist-Differenzdruckes zwischen dem Pumpendruck und dem höchsten Lastdruck und ein Pumpenregelventil zur Verstellung des Förderstroms der Verstellpumpe, welches derart ausgelegt ist, dass es den Ist-Differenzdruck auf den Soll-Differenzdruck regelt.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Druckdifferenz zwischen dem Pumpendruck und dem höchsten Lastdruck in einfacher Weise als Regelgröße zur Optimierung der Traktion herangezogen werden kann. Damit wird nicht nur die maximale Zugkraft für die Vorderräder erzielt, sondern auch der Schlupf effektiv begrenzt. Es sind keine zusätzlichen Ausgaben für kostenintensive Sensorik, Aktuatorik oder Regelung erforderlich, da nur bereits bekannte Bauteile verwendet werden.

**[0012]** Anstelle der Meldeleitung für den höchsten Lastdruck an der Verstellpumpe wird ein Pumpenregelventil, beispielsweise ein herkömmliches Proportionalventil, vorgesehen.

tionalventil, zur Bestimmung des Load-Sensing-Druckes eingesetzt, um eine Dosierung der Zugkraft vornehmen zu können. Mit diesem Pumpenregelventil ist es gleichzeitig auch möglich, unter Berücksichtigung der Abweichung der Ist-Differenzdrucks vom Soll-Differenzdruck aktiv den Antriebsschlupf zu begrenzen, indem die Verstellpumpe entsprechend derart verstellt wird, dass der Ist-Differenzdruck auf den Soll-Differenzdruck eingeregelt wird.

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Zugkraftregelung und Antriebsschlupfbegrenzung für den Vorderantrieb eines Straßenfertigers umfasst die Schritte des Ermitteln von optimalen Differenzdrücken zwischen dem Pumpendruck und dem höchsten Lastdruck für jeden Betriebspunkt in Abhängigkeit von der Achslast der Vorderachse, dem Lenkwinkel und der Arbeitsgeschwindigkeit auf einem Prüfstand und des Ablegens der ermittelten Differenzdrücke in Form von Kennlinien/Kennfeldern im Microcontroller.

**[0014]** Im Betrieb wird dann der vorliegende Betriebspunkt bestimmt. Anhand dieses Betriebspunktes wird der zuvor im Prüfstand ermittelte Soll-Differenzdruck in Abhängigkeit vom momentanen Betriebspunkt als Führungsgröße ausgegeben. Ist der Ist-Differenzdruck ermittelt, wobei dazu ein Differenzdrucksensor oder zwei einfache Drucksensoren verwendet werden können, so kann beim Vorliegen einer Abweichung der Ist-Differenzdrucks auf den Soll-Differenzdruck geregelt werden.

**[0015]** Für jeden Verbraucher, in diesem Fall Hydraulikmotor, können die gewünschten Differenzdrücke separat auf dem Prüfstand unter Variation der Einflussgrößen Achslast, Lenkwinkel und Fahrtgeschwindigkeit bestimmt werden.

**[0016]** Die Mengezuteilung im Betrieb erfolgt für jeden Motor separat über drosselnde Steuerventile, beispielsweise Proportionalventile, wobei gilt, dass der Volumenstrom  $Q$  am Ventil vom Öffnungsquerschnitt  $A$  der Drossel im Steuerventil abhängt. Dieser wiederum ist eine Funktion des elektrischen Stroms  $I$ , welcher durch die elektromagnetische Stellvorrichtung des Proportionalventils strömt. Die Menge wird unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit oder Drehzahl der Hinterachse so zugeteilt, dass im Wesentlichen die Umfangsgeschwindigkeit der Vorderräder der der Hinterräder entspricht. Es ist bekannt, dass der Volumenstrom proportional zum Querschnitt der Drossel ist. Mit der Vorgabe des Drosselquerschnitts ist also die Drehzahl des Hydraulikmotors bzw. die Radgeschwindigkeit festgelegt.

**[0017]** Die Zugkraftdosierung erfolgt über den mittels des Pumpenregelventils proportional dosierbaren Load-Sensing-Druck an der Pumpe. Als Indikator für die Schlupfgrenze dient der Differenz-

druck zwischen Pumpe und dem höchsten Lastdruck. Der Strom am Pumpenregelventil wird solange erhöht, bis die Druckdifferenz zwischen Pumpendruck und höchstem Lastdruck größer wird als erwartet. Theoretisch würden die Vorderräder in diesem Fall durchdrehen, was allerdings dadurch verhindert wird, dass die Fördermenge über die Steuerventile definiert sind. Um Verlustleistung wegen einer zu hohen Druckdifferenz zu vermeiden, wird der Druck am Pumpenregelventil reduziert, bis der Soll-Differenzdruck wieder erreicht ist.

**[0018]** Es ist möglich, eine Vorsteuerung entsprechend der Achslast vorn, beispielsweise über Messung der Zylinderdrücke, auszuführen. Ebenso ist es möglich, die Vorsteuerung entsprechend Druck hinten (Zugkraft an der Hinterachse) mit entsprechendem Vorlauf vorzunehmen.

**[0019]** Es besteht auch die Möglichkeit, den Strom vom Pumpenregelventil der Verstellpumpe als Vergleichsgröße zur Verfügung zu stellen. Damit könnte ein Drucksensor eingespart werden.

**[0020]** Ohne einen Achslastindikator an der Vorderachse ist eine Zugkraft-Zuteilung an den Vorderrädern möglich, indem die Zugkraft an den Hinterrädern mittels eines Drucksensors erfasst wird. Proportional zu diesem Druck könnte der Druck an der Vorderachse eingeregelt werden. Allerdings ist es nachteilig, dass hierbei nur das Einbaubohlgewicht, je nach seiner Position, als Teilgröße für die Achslastermittlung und somit für die Zugkraftzuteilung heranzuziehen ist.

**[0021]** Vorzugsweise umfasst der Microcontroller Kennlinien/Kennfelder, aus denen für jeden Betriebspunkt der zugehörige Soll-Differenzdruck entnehmbar ist. Der Microcontroller kann herkömmlicher Bauart mit einem Speicher sein.

**[0022]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Betriebspunkt in Abhängigkeit von der Achslast der Vorderachse, dem Lenkwinkel und der Arbeitsgeschwindigkeit ermittelbar.

**[0023]** Vorzugsweise umfassen die Mittel zur Ermittlung der Achslast der Vorderachse einen Positionssensor, welcher die Position der Einbaubohle in Bezug auf das verlegte Straßenbaumaterial angibt. Dieser Positionssensor kann beispielsweise ein herkömmlicher Weggeber sein, welcher den Kolbenhub erfasst. Damit kann das Gewicht der Einbaubohle zur Ermittlung der Achslast der Vorderachse herangezogen werden.

**[0024]** Weiterhin umfassen die Mittel zur Ermittlung der Achslast der Vorderachse vorzugsweise einen Füllstandssensor, insbesondere einen Ultraschallsensor, welcher den Füllstand des Bunkers angibt. Es

sind berührungslose Sensoren bekannt, die den Füllgrad anzeigen, so dass das Gewicht des Straßenbaumaterials mit in die Berechnung der Achslast einfließen kann. Mittel zur Erfassung des Lenkwinkels können Weggeber oder auch Winkelmesser sein. Mittel zur Erfassung der Arbeitsgeschwindigkeit des Straßenfertigers sind vorzugsweise Drehzahlsensoren an der Hinterachse.

**[0025]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Pumpenregelventil ein Proportionalventil ist. Mit dessen Hilfe kann der Druck und damit die Zugkraft feinfühlig dosiert werden.

**[0026]** Vorzugsweise sind die Steuerventile 2/2-Proportional-Wegeventile mit stufenlos einstellbaren Drosselquerschnitten. Damit wird eine genaue Mengenzuteilung ermöglicht. Ebenso wird auch die Möglichkeit gegeben, einzelne Hydraulikmotoren abschalten zu können, falls beispielsweise nur zwei von vier Vorderrädern zusätzlich zu den Hinterrädern angetrieben werden sollen.

**[0027]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst der Microcontroller Kennlinien/Kennfelder zur Ermittlung von Soll-Strom für jedes Steuerventil. Dazu werden die Ventilcharakteristiken im Microcontroller abgelegt, so dass die Steuerventile direkt von den Microcontrollern angesteuert werden können.

**[0028]** Die Erfindung wird anhand der einzigen Figur näher erläutert. [Fig. 1](#) zeigt schematisch den Hydraulikschaltplan der erfindungsgemäßen Hydraulikanordnung.

**[0029]** Die beispielsweise von einem Dieselmotor (nicht gezeigt) angetriebene Verstellpumpe **12** versorgt die aus vier Hydraulikmotoren **17a**, **17b**, **17c**, **17d** bestehenden Verbraucher mit Hydrauliköl aus dem Tank **11**. Der Pumpendruck  $p_P$  ist beispielsweise an der Stelle **13** über eine Druckmessvorrichtung **23** erfassbar. Der Förderstrom der Verstellpumpe **12** wird auf die einzelnen Verbraucher **17a–17d** verteilt. Jeder Verbraucher wird über drosselnde Steuerventile, die als Proportional-Wegeventile **14a–14d** ausgeführt sind, versorgt. Die Steuerventile, die über den Microcontroller (nicht gezeigt) individuell angesteuert werden können, können stetig ihre Drosselquerschnitte verstellen. Gemäß der bekannten Drosselgleichung ist der Volumenstrom proportional zum Öffnungsquerschnitt. Damit bestimmt der Öffnungsquerschnitt die Drehzahl des Hydraulikmotors. Jedem Steuerventil **14a–14d** ist eine Druckwaage **15a–15d** nachgeschaltet. Die Druckwaagen **15a–15d** sind proportionale Druckbegrenzungsventile, wobei an jedem der Druckwaagen **15a–15d** der höchste Lastdruck  $p_{LS}$  anliegt. Die Druckwaagen **15a–15d** sorgen für einen geregelten Volumenstrom, indem der Druckab-

fall  $\Delta p_1 - \Delta p_2$  an den Steuerventilen **14a–14d** unabhängig von Schwankungen konstant gehalten wird.

**[0030]** Wechselventile **25a** bis **25c** sind an den Stellen **16a–16d** und untereinander derart verschaltet, dass immer der höchste Lastdruck in der Leitung **24** vorliegt. Dieser höchste Lastdruck  $p_{LS}$  ist beispielsweise über eine Druckmessvorrichtung **22** erfassbar. Das an den Motoren **17a–17d** verbrauchte Hydrauliköl verlässt die Hydraulikanordnung **10** über die Leitung **19**. Ein Vorspannventil **20** kann zur Sicherstellung eines Mindestdrucks, beispielsweise 12 bar, an den Niederdruckseiten der Motoren **17a–17d** vorgesehen sein. Jeder Hydraulikmotor **17a–17d** umfasst vorzugsweise ein Nachsaugventil **18a–18d** für hydraulischen Freilauf, wenn die Hinterachse schneller ist.

**[0031]** Die Druckdifferenz  $\Delta p = p_P - p_{LS}$  wird erfindungsgemäß als Regelgröße für eine optimale Traktion herangezogen. Die im Prüfstand ermittelten Werte für Soll-Differenzdrücke sind im Microcontroller hinterlegt. Je nach Betriebspunkt gibt es einen Soll-Differenzdruck, den es einzuhalten gilt, um einen schlupffreien Vorderrantrieb bei maximaler Zugkraft zu verwirklichen. Das Pumpenregelventil **30** regelt den Förderstrom der Verstellpumpe **12** derart, dass der Ist-Differenzdruck für jeden Öffnungsquerschnitt einem vorgegebenen Soll-Differenzdruck entspricht. Im Unterschied zu gewöhnlichen Load-Sensing-Systemen ist also der Differenzdruck nicht für alle Betriebspunkte festgelegt, sondern kann variabel gewählt werden, um ein Optimum an Effizienz bei maximaler Zugkraft und Schlupfbegrenzung zu erzielen. Zur Verstellung der Verstellpumpe **12** ist ein federbelasteter Hydraulikkolben **32** vorgesehen, der auf der rechten Seite **33** mit dem Pumpendruck und auf der linken Seite **34** mit dem reduzierten Druck des Pumpenregelventils **30** und der Federkraft beaufschlagt wird. Die Position des Hydraulikkolbens **32** wird dann verändert, wenn das Kräftegleichgewicht zwischen der rechten **33** und der linken Seite **34** beispielsweise infolge von Änderungen der Drosselquerschnitte der Proportionalventile **14a–14d** verändert wird. Durch eine direkte Ansteuerung des Pumpenregelventils **30** kann auf die Regelung eingegriffen werden.

### Patentansprüche

1. Straßenfertiger zum Verlegen von Straßenbaumaterial, umfassend:
  - eine Einbaubohle;
  - einen Bunker zur Aufnahme von Straßenbaumaterial;
  - ein Radfahrwerk mit einer Hinterachse mit mindestens zwei permanent angetriebenen Hinterrädern und mit einer lenkbaren Vorderachse, einer Einfach- oder Tandemachse, mit n, vorzugsweise zwei oder vier, Vorderrädern;

Mittel zur Ermittlung der Achslast der Vorderachse, des Lenkwinkels und der Arbeitsgeschwindigkeit des Straßenfertigers; und

eine Hydraulikanordnung (10) zum permanenten oder optional zuschaltbaren Antrieb von n Hydraulikmotoren (17a–17d), welche jeweils an je ein Vorderrad gekoppelt sind, wobei die Hydraulikanordnung (10) umfasst:

n Steuerventile (14a–14d) mit Drosseln, wobei die Querschnitte der Drossel individuell einstellbar sind; n Druckwaagen (15a–15d) mit n–1 Wechselventilen (25a–25c);

eine Verstellpumpe (12);

einen Microcontroller, welcher derart ausgelegt ist, dass er einen Soll-Differenzdruck zwischen einem Pumpendruck ( $p_P$ ) stromabwärts der Verstellpumpe (12)/stromaufwärts der Steuerventile (14a–14d) und einem höchsten Lastdruck ( $p_{LS}$ ) stromabwärts der Druckwaagen (15a–15d)/stromaufwärts der Hydraulikmotoren (17a–17d) vorgibt;

eine Druckmessvorrichtung (22, 23) zur Ermittlung eines Ist-Differenzdruckes zwischen dem Pumpendruck ( $p_P$ ) und dem höchsten Lastdruck ( $p_{LS}$ );

ein Pumpenregelventil (30) zur Verstellung des Förderstroms der Verstellpumpe (12), welches derart ausgelegt ist, dass es den Ist-Differenzdruck auf den Soll-Differenzdruck regelt.

2. Straßenfertiger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Microcontroller Kennlinien/Kennfelder umfasst, aus denen für jeden Betriebspunkt der zugehörige Soll-Differenzdruck entnehmbar ist.

3. Straßenfertiger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Betriebspunkt in Abhängigkeit von der Achslast der Vorderachse, dem Lenkwinkel und der Arbeitsgeschwindigkeit ermittelbar ist.

4. Straßenfertiger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Ermittlung der Achslast der Vorderachse einen Positionssensor umfassen, welcher die Position der Einbaubohle in Bezug auf das verlegte Straßenbaumaterial angibt.

5. Straßenfertiger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Ermittlung der Achslast der Vorderachse einen Füllstandssensor, insbesondere einen Ultraschallsensor, umfassen, welcher den Füllstand des Bunkers angibt.

6. Straßenfertiger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Pumpenregelventil (30) ein Proportionalventil ist.

7. Straßenfertiger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steu-

erventile (14a–14d) 2/2-Proportional-Wegeventile mit stufenlos einstellbaren Drosselquerschnitten sind.

8. Straßenfertiger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Microcontroller Kennlinien/Kennfelder zur Ermittlung von Soll-Strom für jedes Steuerventil (14a–14d) umfasst.

9. Verfahren zur Zugkraftregelung und Antriebschlupfbegrenzung für den Vorderantrieb eines Straßenfertigers gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend folgende Schritte:

Ermitteln von optimalen Differenzdrücken zwischen dem Pumpendruck ( $p_P$ ) und dem höchsten Lastdruck ( $p_{LS}$ ) für jeden Betriebspunkt in Abhängigkeit von der Achslast der Vorderachse, dem Lenkwinkel und der Arbeitsgeschwindigkeit auf einem Prüfstand;

Ablegen der ermittelten Differenzdrücke in Form von Kennlinien/Kennfeldern im Microcontroller;

Bestimmung des Betriebspunktes;

Ermitteln des Soll-Differenzdrucks in Abhängigkeit vom momentanen Betriebspunkt;

Ermitteln des Ist-Differenzdrucks; und

Regeln des Ist-Differenzdrucks auf den Soll-Differenzdruck.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

