

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50468/2019
(22) Anmeldetag: 21.05.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2021

(51) Int. Cl.: **B29C 45/77** (2006.01)
B29C 45/76 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1612027 B1

(73) Patentinhaber:
ENGEL AUSTRIA GmbH
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:
Bernhard Hannes Dipl.Ing. BA
4209 Engerwitzdorf (AT)
Angermann Christoph Dipl.Ing.
4040 Linz (AT)

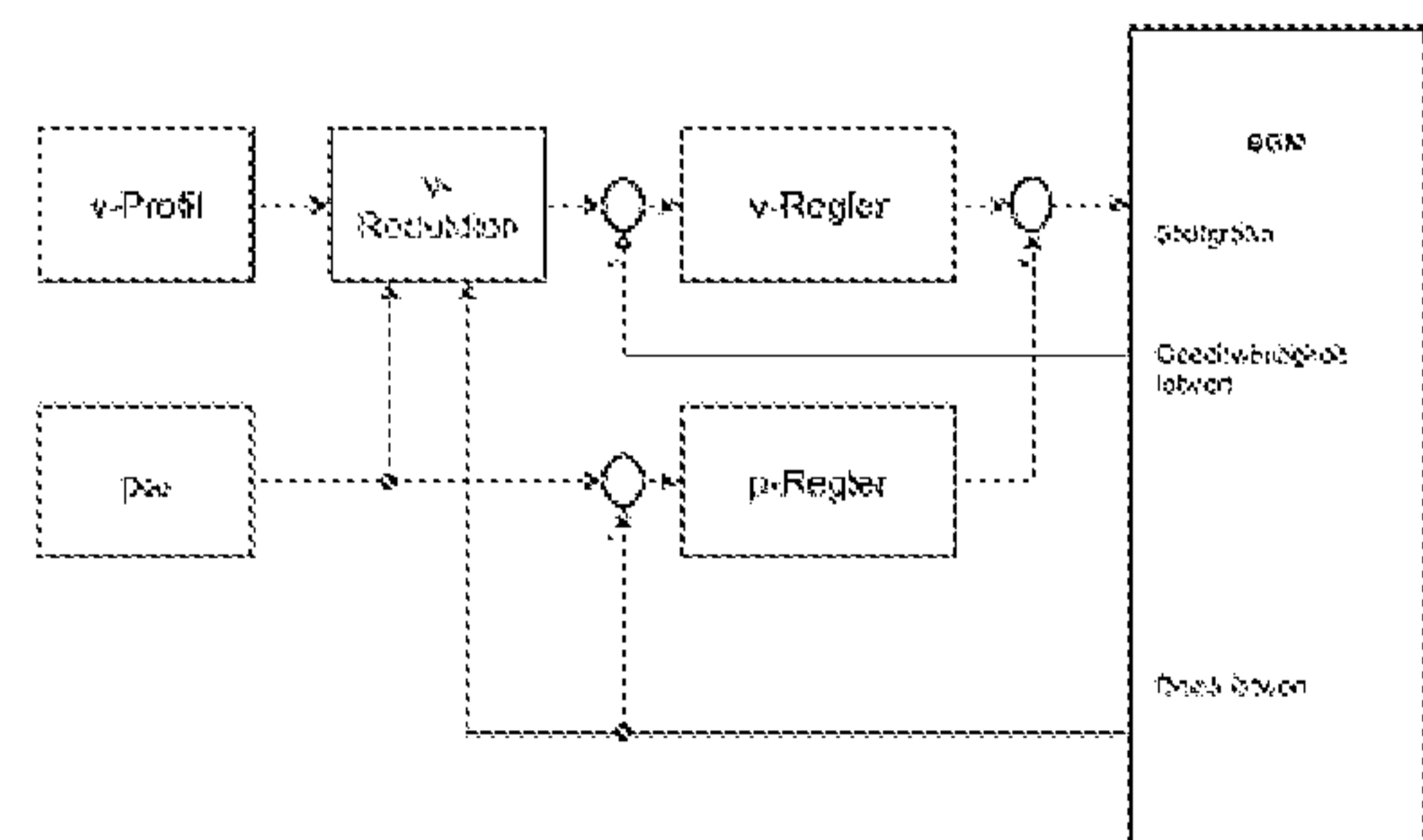
(74) Vertreter:
Torggler Paul Mag. Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Maschler Christoph MMag. Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Lercher Almar Dipl. Phys. Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Hofinger Stephan Dipl.Ing. Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Hechenleitner Bernhard Dipl.Ing. (FH) Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Gangl Markus Mag. Dr.
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Einspritzeinheit und Verfahren zum Betrieb einer solchen**

(57) Einspritzvorrichtung (1) mit einem Schmelzgefäß (2), in welchem ein Aktuator (3) durch einen insbesondere hydraulischen Antrieb (4) verschiebbar angeordnet ist und mit einer Regeleinrichtung (5) zum Regeln des Antriebs (4) des Aktuators (3), wobei die Regeleinrichtung (5) in einem ersten Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, den Antrieb (4) des Aktuators (3) in Abhängigkeit einer Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) und eines Drucks (p) der Schmelze im Schmelzgefäß (2) zu regeln, wobei die Regeleinrichtung (5) im ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Verwendung einer Messvorrichtung (6) einen Druck ($p_{act}(t), \tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze im Schmelzgefäß (2) zu bestimmen und einen Sollwert (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators (3) in Abhängigkeit eines vorgegebenen funktionalen

Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) und eines Abstands des bestimmten Drucks ($p_{act}(t), \tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze von einem Druckgrenzwert (p_{lim}) zu wählen.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einspritzvorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Verfahren zum Betrieb einer Einspritzvorrichtung für einen Gießprozess mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 8.

[0002] Das Verschieben des Aktuators im Schmelzegefäß dient der Ausbringung von im Schmelzegefäß befindlicher Schmelze aus dem Schmelzegefäß, z. B. in ein Formwerkzeug einer Formgebungsmaschine. Die Schmelze kann in einer von der Einspritzvorrichtung gesonderten Plastifiziervorrichtung erzeugt werden oder es kann eine kombinierte Plastifizier- und Einspritzvorrichtung vorgesehen sein, bei welcher festes Material im Schmelzegefäß zu Schmelze geschmolzen wird. Das Schmelzegefäß kann z. B. ein Plastifizierzylinder einer als Spritzgießmaschine ausgebildeten Formgebungsmaschine sein, in welchem ein als Plastifizierschnecke ausgebildeter Aktuator zum Einspritzen der Schmelze in ein Formwerkzeug verschiebbar (und ggf. zum Plastifizieren der Schmelze drehbar) angeordnet ist.

[0003] Das Ausbringen der Schmelze soll gegebenenfalls zur Minimierung der Zykluszeit der Einspritzvorrichtung so schnell wie möglich erfolgen, sodass eine Geschwindigkeit des Aktuators unter diesem Gesichtspunkt geregelt so hoch wie möglich zu wählen wäre. Allerdings darf ein Grenzwert (Einspritzdruckgrenze) für den durch die Bewegung des Aktuators erzeugten Druck im Schmelzegefäß (Einspritzdruck) oder im Formwerkzeug (Forminnendruck) nicht überschritten werden, um das mit Schmelze zu füllende Formwerkzeug, einen Bediener der Einspritzvorrichtung und die Einspritzvorrichtung selbst zu schützen. Es erfolgt daher zusätzlich zur Geschwindigkeitsregelung eine auf die Bewegung des Aktuators eingreifende Druckregelung. Der sich einstellende Einspritzdruck (welcher bestimmt, d. h. gemessen oder in Abhängigkeit von Messgrößen berechnet, werden kann) hängt vom Material und Eigenschaften (z. B. Temperatur) der Schmelze, der Geometrie des zu füllenden Formwerkzeugs und natürlich der Geschwindigkeit des Aktuators ab.

[0004] Die Geschwindigkeitsregelung und die Druckregelung des Aktuators arbeiten prinzipiell gegeneinander, da die Geschwindigkeitsregelung eine Stellgröße für die Geschwindigkeit des Aktuators bei einem Druckanstieg im Schmelzegefäß erhöht (um ein Abfallen der Geschwindigkeit des Aktuators zu verhindern) und die Druckregelung eine Stellgröße für die Geschwindigkeit des Aktuators bei einem Druckanstieg im Schmelzegefäß senkt (um ein Überschreiten der Einspritzdruckgrenze zu verhindern).

[0005] Um mit diesem Problem umzugehen, sehen die gattungsgemäße Einspritzvorrichtung und das gattungsgemäße Verfahren aus AT 516 879 B1 vor, die Geschwindigkeitsregelung unter Berücksichtigung eines zu einem zukünftigen Zeitpunkt im Schmelzegefäß herrschenden Einspritzdruckes (prädiktiv) vorzunehmen, wobei die Prädiktion modellbasiert erfolgt.

[0006] Nachteilig an dieser an sich funktionierenden Lösung ist die Voraussetzung von Modellwissen und ein hoher Rechenaufwand.

[0007] In den Figuren 3a und 3b der EP 1 612 027 B1 von Sumitomo Heavy Industries ist einerseits der Verlauf des gemessenen Drucks P_{fb} , ein Druckgrenzwert P_1 sowie ein Geschwindigkeitsverlauf der Schnecke aufgetragen. Dabei kommt es zu einem Vergleich von einem vorhergesagten Druck und dem eingestellten Druck.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer gattungsgemäßen Einspritzvorrichtung und eines gattungsgemäßen Verfahrens, durch welche das eingangs diskutierte Problem auf einfachere Weise ohne das im Stand der Technik vorausgesetzte Modellwissen und mit geringerem Rechenaufwand gelöst werden kann.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Einspritzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0010] Weil bei der erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung die Regeleinrichtung im ersten Be-

triebsmodus oder - nur in einem zweiten Betriebsmodus, in welchem die Regeleinrichtung manuell ausgelöst oder automatisch (z. B. ab einer gewissen Schwellgeschwindigkeit) wechseln kann - dazu konfiguriert ist, unter Verwendung einer Messvorrichtung einen Druck in der Schmelze im Schmelzegefäß zu bestimmen und einen Sollwert für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators in Abhängigkeit eines vorgegebenen funktionalen Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit des Aktuators und eines Abstands des bestimmten Drucks in der Schmelze von einem Druckgrenzwert zu wählen bzw. beim erfindungsgemäßen Verfahren ein Sollwert für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators in Abhängigkeit eines vorgegebenen funktionalen Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit des Aktuators und eines Abstands des bestimmten Drucks in der Schmelze von einem Druckgrenzwert gewählt wird, können die beim Stand der Technik erforderlichen komplexen Berechnungen entfallen. Dadurch wird der Rechenaufwand für die Steuerung eingespart und die zusätzlichen Modellparameter werden nicht benötigt. Mit fallendem Abstand des bestimmten Drucks zum Druckgrenzwert ist eine geringere Geschwindigkeit des Aktuators zu wählen.

[0011] Die Regeleinrichtung steuert zur Umsetzung der Regelung einen oder mehrere Stellglieder des Antriebs des Aktuators an. Die Regeleinrichtung erhält zumindest zeitweise Messsignale der Messvorrichtung.

[0012] Im einfachsten Fall kann angenommen werden, dass die Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ (Druckgradient entlang einer Bewegungsrichtung x des Aktuators) der Schmelze im Schmelzegefäß nicht von der Position x des Aktuators im Schmelzegefäß oder seiner Geschwindigkeit $v = \frac{dx}{dt}$ abhängt, also konstant ist.

[0013] Der zeitabhängige Druckanstieg ergibt sich damit als Produkt aus der Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ der Schmelze und der Geschwindigkeit v des Aktuators:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{dp}{dx} * \frac{dx}{dt} = \frac{dp}{dx} * v$$

[0014] Ein momentaner Druck zur Zeit t ergibt sich zu:

$$p = \int \frac{dp}{dt} dt = \int \frac{dp}{dx} * v * dt$$

[0015] Unter der Annahme einer konstanten negativen Änderungsrate für die Geschwindigkeit (Abbremsen mit einer konstanten Verzögerung in der Zeitspanne T auf $v = 0$ ausgehend von einer Geschwindigkeit v_0) ergibt sich:

$$v(t) = v_0 * \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

$$p(t) = \int_0^t \frac{dp}{dx} * v_0 * \left(1 - \frac{t}{T}\right) * dt$$

$$p(t) = \frac{dp}{dx} * v_0 * \left(t - \frac{t^2}{2*T}\right) + p_0 \text{ mit } t \in [0, T]$$

[0016] Dies ist bei der verwendeten Annahme einer konstanten Steifigkeit $\frac{dp}{dx} = const$ und eines verschwindenden Ausgangsdrucks $p_0 = 0$ äquivalent zu einer Wurzelrampe für die Geschwindigkeit v des Aktuators in Abhängigkeit des Abstands des bestimmten Drucks in der Schmelze vom Druckgrenzwert (funktionaler Zusammenhang) mit der konstanten Verzögerung $a_{max} = \frac{v_0}{T}$ (wobei kurz Δp für $p(T) - p(t)$ geschrieben wurde):

$$v = \sqrt{2 * \Delta p * a_{max} * \frac{1}{\frac{dp}{dx}}}$$

[0017] Dies ist ein einfaches Beispiel für einen funktionalen Zusammenhang (in Form einer Wur-

zelfunktion), welchen die Regeleinrichtung einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung zur Regelung verwenden kann oder welcher in einem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet werden kann. Der funktionale Zusammenhang kann in tabellarischer Form oder als Rechenvorschrift in einer Speichervorrichtung hinterlegt sein, welche mit der Regeleinrichtung in einer datenübertragenden Verbindung steht oder in eine solche bringbar ist.

[0018] Selbstverständlich kann auch ein komplexerer funktionaler Zusammenhang verwendet werden, welcher z. B. nicht von der Annahme einer konstanten Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ ausgeht.

[0019] Ein weiteres Beispiel für einen funktionalen Zusammenhang (linearer Zusammenhang), welchen die Regeleinrichtung einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung zur Regelung verwenden kann oder welcher in einem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet werden kann lautet wie folgt:

$$v = \frac{p_{lim} - p}{k}$$

[0020] Die Konstante k hängt von der Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ ab, wobei die Konstante k größer zu wählen ist, für eine größere Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ und kleiner zu wählen ist für eine geringere Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$.

[0021] Ein Wert für die Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ kann bekanntermaßen auf einfachste Weise durch Messung des Drucks p bei zwei verschiedenen Positionen x des Aktuators berechnet werden. Eine genauere Berechnung ist durch Differenzierung und Filterung der gemessenen Funktion $p(x)$ möglich. Sinngemäß gilt in Bezug auf die Geschwindigkeit $v(t)$ des Aktuators zu einem bestimmten Zeitpunkt t dasselbe.

[0022] Bei der Erfindung ist vorgesehen, dass die Regeleinrichtung dazu konfiguriert ist,

- für verschiedene Steifigkeiten $\frac{dp}{dx}$ der Schmelze verschiedene funktionale Zusammenhänge zu verwenden oder
- einen funktionalen Zusammenhang zu verwenden, welcher die Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ der Schmelze berücksichtigt,

wobei durch die Regeleinrichtung eine Bestimmung einer Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ der Schmelze während des Verschiebens des Aktuators erfolgt und der Sollwert für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators in Abhängigkeit der bestimmten Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ der Schmelze gewählt wird. Die verschiedenen Steifigkeiten können jeweils als konstant gewählt sein. Damit kann z. B. berücksichtigt werden, dass unabhängig von einer Geschwindigkeit v des Aktuators aufgrund der Beschaffenheit der Schmelze oder geometrischer Bedingungen verschiedene Steifigkeiten gegeben sein können.

[0023] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die Regeleinrichtung dazu konfiguriert ist, die Wahl des Sollwerts für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators in Abhängigkeit eines vorgegebenen funktionalen Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit des Aktuators und eines Abstands des bestimmten Drucks in der Schmelze von einem Druckgrenzwert nur in einem zweiten Betriebsmodus vorzunehmen. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Regeleinrichtung automatisch ab einer vorgegebenen Schwellgeschwindigkeit des Aktuators vom ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus wechselt. So kann die Regeleinrichtung die Geschwindigkeitsregelung im ersten Betriebsmodus auf konventionelle Art durchführen und nur für Geschwindigkeiten oberhalb der Schwellgeschwindigkeit gemäß der Erfindung vorgehen. Alternativ könnte auch nur ein einziger Betriebsmodus (erster Betriebsmodus) vorgesehen sein, die Regeleinrichtung also über den gesamten Geschwindigkeitsbereich des Aktuators erfindungsgemäß vorgehen.

[0024] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die Regeleinrichtung dazu konfiguriert ist, als Druck p in der Schmelze den momentanen Druck $p_{act}(t)$ in der Schmelze zu bestimmen. Diese Bestimmung kann auf Basis der von der Messvorrichtung gemessenen Da-

ten unmittelbar durch Messung erfolgen (falls ein Drucksensor vorgesehen ist) oder mittelbar durch Berechnung (unter Verwendung eines physikalischen Zusammenhangs zwischen zumindest einer von der Messvorrichtung gemessenen Größe und dem Druck). Alternativ kann vorgesehen sein, dass ein Druck $\tilde{p}(t + T_{tot})$ in der Schmelze bestimmt wird, welcher sich unter Berücksichtigung des momentanen Drucks $p_{act}(t)$, der aktuellen Sollgeschwindigkeit v_{ref} und einer Totzeit T_{tot} der Geschwindigkeitsregelung ergibt, wobei eine Berücksichtigung in erster Ordnung der Totzeit T_{tot} ausreichend sein kann:

$$\tilde{p}(t + T_{tot}) = p_{act}(t) + T_{tot} * \frac{dp}{dx} * v_{ref}$$

[0025] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die Regeleinrichtung dazu konfiguriert ist, eine an den Antrieb des Aktuators abzugebende, zum Erreichen des gewählten Sollwerts für die Geschwindigkeitsregelung erforderliche Änderungsrate der Geschwindigkeit des Aktuators zu beschränken. Durch sich änderndes Verhalten während des Druckanstiegs und den Berechnungen können Vorgaben der Regeleinrichtung entstehen, denen physikalisch durch den Aktuator nicht gefolgt werden kann. Dem wird durch eine Limitierung der Änderungsrate Rechnung getragen, wobei unterschiedliche Beschränkungen für positive Änderungsraten (Beschleunigung) oder negative Änderungsraten (Verzögerung) vorgesehen sein können. Damit kann auch eine zusätzliche Stabilisierung des Regelverhaltens erreicht werden.

[0026] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die Regeleinrichtung dazu konfiguriert ist, oberhalb eines Schwelldruckes für den bestimmten Druck in der Schmelze bei einer Vergrößerung des Abstands einer aktuellen Geschwindigkeit des Aktuators vom Sollwert eine geringere Erhöhung der Stellgröße für die Geschwindigkeit des Aktuators vorzusehen als unterhalb des Schwelldruckes. Die verbesserten Funktionen der erfindungsgemäßen Regelung können gerade bei höheren Drücken und steilen Druckanstiegen zur Vorgabe höherer Sollwerte für die Geschwindigkeit des Aktuators führen. Dies kann sich negativ auf die Druckregelung auswirken. Um die negativen Auswirkungen zu begrenzen, kann die erwähnte Limitierung speziell im Bereich der Annäherung zur Druckgrenze vorgesehen sein.

[0027] Bevorzugt kommt die Erfindung bei einer Einspritzvorrichtung einer als Spritzgießmaschine (besonders bevorzugt Kunststoff-Spritzgießmaschine) ausgebildeten Formgebungsmaschine zum Einsatz. Besonders bevorzugt wird dabei der Aktuator auch zum Aufschmelzen der Schmelze eingesetzt. Hierfür kann zusätzlich zur verschiebbaren Lagerung eine drehbare Lagerung des Aktuators vorgesehen sein, wobei üblicherweise für die Verschiebung und die Drehung unterschiedliche Antriebe zum Einsatz kommen. Bevorzugt ist der Aktuator als Plastifizierschnecke ausgebildet.

[0028] Bevorzugt ist der Antrieb zum Verschieben des Aktuators hydraulisch ausgebildet. Als Stellglied kann dabei ein Proportional- oder Servoventil dienen, welches über einen Druckspeicher oder eine Pumpe versorgt wird. Weiters ist auch eine Ausführung ohne Proportionalventil möglich, wobei die variable Pumpenmenge als Stellgröße wirkt.

[0029] Die Schmelze kann in einer von der Einspritzvorrichtung gesonderten Plastifiziervorrichtung erzeugt werden oder die Einspritzvorrichtung kann Teil einer kombinierten Plastifizier- und Einspritzvorrichtung sein, bei welcher festes Material im Schmelzegefäß zu Schmelze geschmolzen wird.

[0030] Es kann vorgesehen sein, dass der Sollwert für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators nicht unter einen vorbestimmten Minimalwert gesenkt wird. Dieser Minimalwert kann in Abhängigkeit von einer vorliegenden Steifigkeit der Schmelze gewählt werden, wobei bei einer größeren Steifigkeit ein geringerer Minimalwert gewählt wird als bei einer niedrigeren Steifigkeit.

[0031] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Figuren diskutiert. Es zeigen:

[0032] Fig. 1 ein Blockschaltbild der Regeleinrichtung einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung oder eines erfindungsgemäßen Verfahrens

- [0033]** Fig. 2 Graphen der Geschwindigkeit und des Druckanstiegs sowie des Drucks in Abhängigkeit von der Zeit
- [0034]** Fig. 3a,b Beispiele eines funktionalen Zusammenhangs zur Verwendung in der Regeleinrichtung einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung oder beim erfindungsgemäßen Verfahren
- [0035]** Fig. 4 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung

[0036] Das Blockschaltbild der Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung als Teil einer Spritzgießmaschine (als SGM bezeichnet) oder eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Neben dem Geschwindigkeitsregler (v-Regler) für die Geschwindigkeitsregelung mit dem entsprechenden Sollwert (v-Profil) ist auch der Druckgrenzeregler (p-Regler) mit dem entsprechendem Druckgrenzwert p_{lim} dargestellt. Die beiden Reglerausgänge werden kombiniert (im einfachsten Fall subtrahiert) dem Stellglied des Aktuators 3 als Stellgröße zur Verfügung gestellt. In dem Block v-Reduktion wird die erfindungsgemäße Anpassung der Sollgeschwindigkeit v_{ref} für den Geschwindigkeitsregler durchgeführt. Für die Regelung werden die Messgrößen der Position bzw. Geschwindigkeit (berechnet aus der Positionsmessung) und des Drucks benötigt.

[0037] Fig. 2 zeigt zwei Beispiele für Einspritzvorgänge mit einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung oder einem erfindungsgemäßen Verfahren, wobei erkennbar ist, dass sich für verschiedene Steifigkeiten $\frac{dp}{dx}$ der Schmelze unterschiedliche Druckanstiege ergeben.

[0038] Fig. 3a zeigt für zwei verschiedene Werte der Steifigkeit $\frac{dp}{dx}$ der Schmelze je ein Beispiel für einen funktionalen Zusammenhang (hier in Form der Wurzelfunktion) zwischen der Geschwindigkeit des Aktuators 3 und eines Abstands des bestimmten Drucks $p_{act}(t)$, $\tilde{p}(t + T_{tot})$ in der Schmelze von einem Druckgrenzwert p_{lim} . Fig. 3b zeigt denselben Sachverhalt für einen linearen funktionalen Zusammenhang.

[0039] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung 1 umfassend ein Schmelzegefäß 2, in welchem ein Aktuator 3 mittels eines Antriebs 4 verschiebbar gelagert ist. Über eine Messvorrichtung 6 kann unmittelbar ein momentaner Druck $p_{act}(t)$ in der Schmelze gemessen und einer Regeleinrichtung 5 zugeführt werden. Die Position des Aktuators 3 wird ebenfalls gemessen und der Regeleinrichtung 5 zugeführt, welche hieraus eine momentane Geschwindigkeit v des Aktuators 3 berechnen kann. Über Steuerleitungen kann die Regeleinrichtung 5 einen Motor einer motorisch antreibbaren Pumpe 9 und ein Stellglied 8 so ansteuern, dass über die Kolben-Zylinder-Einheit 7 des Antriebs 4 eine gewünschte Geschwindigkeit v des Aktuators 3 oder ein gewünschter Druck p erzielbar ist.

[0040] Anders als dargestellt, kann alternativ oder zusätzlich die Messvorrichtung 6 einen Sensor zum Erfassen eines Hydraulikdrucks in der Kolben-Zylinder-Einheit 7 des Antriebs 4 des Aktuators 3 aufweisen und die Bestimmung des momentanen Drucks $p_{act}(t)$ in der Schmelze im Schmelzegefäß 2 mittels dieses Sensors erfolgen.

[0041] Anders als dargestellt, kann alternativ oder zusätzlich die Messvorrichtung 6 einen Sensor zum Erfassen eines Forminnendrucks einer mit der Einspritzvorrichtung 1 in Verbindung stehenden Formkavität aufweisen und die Bestimmung des momentanen Drucks $p_{act}(t)$ in der Schmelze im Schmelzegefäß 2 mittels dieses Sensors erfolgen.

BEZUGSZEICHENLISTE:

- 1 Einspritzvorrichtung
- 2 Schmelzegefäß
- 3 Aktuator
- 4 Antrieb des Aktuators
- 5 Regeleinrichtung
- 6 Messvorrichtung
- 7 Kolben-Zylinder-Einheit
- 8 Stellglied
- 9 motorisch antreibbare Pumpe

T_{tot}	Totzeit der Regeleinrichtung
$p_{act}(t)$	momentaner Druck in der Schmelze
$\tilde{p}(t + T_{tot})$	voraussichtlicher Druck in der Schmelze unter Berücksichtigung der Totzeit der Regeleinrichtung
v_{ref}	Sollwert für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators
v	momentane Geschwindigkeit des Aktuators
p_{lim}	Druckgrenzwert
$\frac{dp}{dx}$	Steifigkeit der Schmelze

Patentansprüche

1. Einspritzvorrichtung (1) mit einem Schmelzegefäß (2), in welchem ein Aktuator (3) durch einen insbesondere hydraulischen Antrieb (4) verschiebbar angeordnet ist und mit einer Regeleinrichtung (5) zum Regeln des Antriebs (4) des Aktuators (3), wobei die Regeleinrichtung (5) in einem ersten Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, den Antrieb (4) des Aktuators (3) in Abhängigkeit einer Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) und eines Drucks (p) der Schmelze im Schmelzegefäß (2) zu regeln, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinrichtung (5) im ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Verwendung einer Messvorrichtung (6) einen Druck ($p_{act}(t), \tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze im Schmelzegefäß (2) zu bestimmen und einen Sollwert (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators (3) in Abhängigkeit eines vorgegebenen funktionalen Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) und eines Abstands des bestimmten Drucks ($p_{act}(t), \tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze von einem Druckgrenzwert (p_{lim}) zu wählen und
 - für verschiedene Steifigkeiten ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze verschiedene funktionale Zusammenhänge zu verwenden oder
 - einen funktionalen Zusammenhang zu verwenden, welcher die Steifigkeit ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze berücksichtigtund wobei durch die Regeleinrichtung (5) eine Bestimmung einer Steifigkeit ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze während des Verschiebens des Aktuators (3) erfolgt und der Sollwert (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators (3) in Abhängigkeit der bestimmten Steifigkeit ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze gewählt wird.
2. Einspritzvorrichtung nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Regeleinrichtung (5) dazu konfiguriert ist, die Wahl des Sollwerts (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators (3) in Abhängigkeit eines vorgegebenen funktionalen Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) und eines Abstands des bestimmten Drucks ($p_{act}(t), \tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze von einem Druckgrenzwert nur im zweiten Betriebsmodus vorzunehmen und wobei vorgesehen ist, dass die Regeleinrichtung (5) ab einer vorgegebenen Schwellgeschwindigkeit vom ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus wechselt.
3. Einspritzvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Regeleinrichtung (5) dazu konfiguriert ist, als Druck in der Schmelze den momentanen Druck ($p_{act}(t)$) in der Schmelze zu bestimmen oder einen Druck ($\tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze zu bestimmen, welcher sich unter Berücksichtigung einer Totzeit (T_{tot}) der Geschwindigkeitsregelung ergibt.
4. Einspritzvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Regeleinrichtung (5) dazu konfiguriert ist, eine an den Antrieb des Aktuators (3) abzugebende, zum Erreichen des gewählten Sollwerts (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung erforderliche Änderungsrate der Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) zu beschränken.
5. Einspritzvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Regeleinrichtung (5) dazu konfiguriert ist, oberhalb eines Schwelldruckes für den bestimmten Druck ($p_{act}(t), \tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze bei einer Vergrößerung des Abstands einer aktuellen Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) vom Sollwert (v_{ref}) eine geringere Erhöhung der Stellgröße des Antriebs (4) des Aktuators (3) vorzusehen als unterhalb des Schwelldruckes.
6. Einspritzvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Regeleinrichtung (5) dazu konfiguriert ist, den Sollwert (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators (3) nicht unter einen vorbestimmten Minimalwert zu senken, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass der Minimalwert in Abhängigkeit von einer vorliegenden Steifigkeit ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze gewählt wird.
7. Einspritzvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Messvorrichtung (6)

- einen Sensor zum Erfassen eines Drucks in einem Vorraum des Schmelzegefäßes (2) zwischen einer Ausbringöffnung und dem Aktuator (3) und/oder
 - einen Sensor zum Erfassen eines Hydraulikdrucks in einer Kolben-Zylinder-Einheit (7) des Antriebs (4) des Aktuators (3) aufweist und/oder
 - einen Sensor zum Erfassen eines Forminnendrucks einer mit der Einspritzvorrichtung (1) in Verbindung stehenden Formkavität aufweist
8. Verfahren zum Betrieb einer Einspritzvorrichtung (1) für einen Gießprozess, wobei zur Füllung einer Formkavität eine Schmelze mittels eines verschiebbaren Aktuators (3) aus einem Schmelzegefäß (2) verdrängt wird und wobei das Verschieben des Aktuators (3) geschwindigkeits- und druckgeregelt erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sollwert (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators (3) in Abhängigkeit eines vorgegebenen funktionalen Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit (v) des Aktuators (3) und eines Abstands des bestimmten Drucks ($p_{act}(t), \tilde{p}(t + T_{tot})$) in der Schmelze von einem Druckgrenzwert gewählt wird und
- für verschiedene Steifigkeiten ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze verschiedene funktionale Zusammenhänge verwendet werden oder
 - ein funktionaler Zusammenhang verwendet wird, welcher die Steifigkeit ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze berücksichtigt
- und wobei eine Bestimmung einer Steifigkeit ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze während des Verschiebens des Aktuators (3) erfolgt und der Sollwert (v_{ref}) für die Geschwindigkeitsregelung des Aktuators (3) in Abhängigkeit der bestimmten Steifigkeit ($\frac{dp}{dx}$) der Schmelze gewählt wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

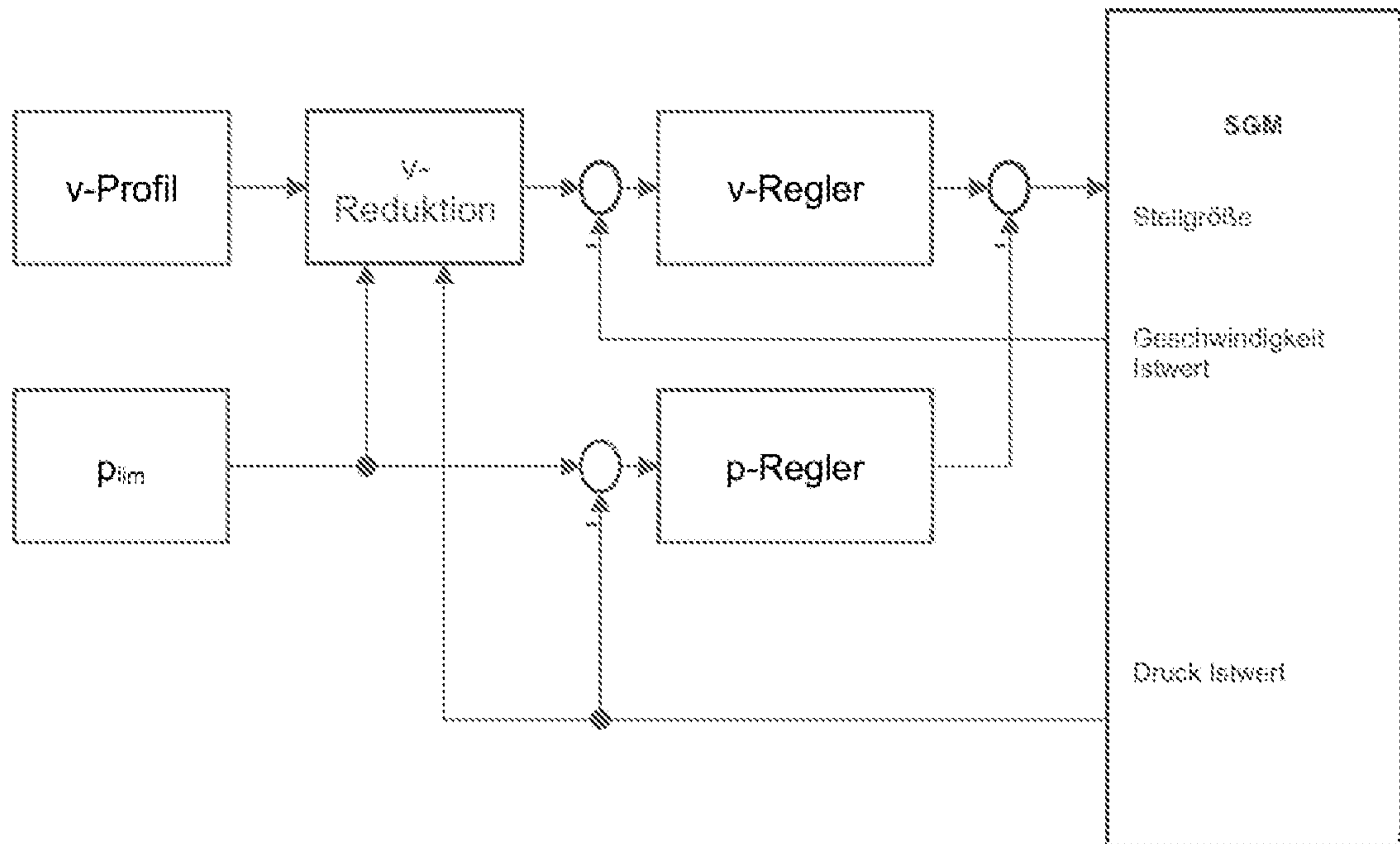


Fig. 2

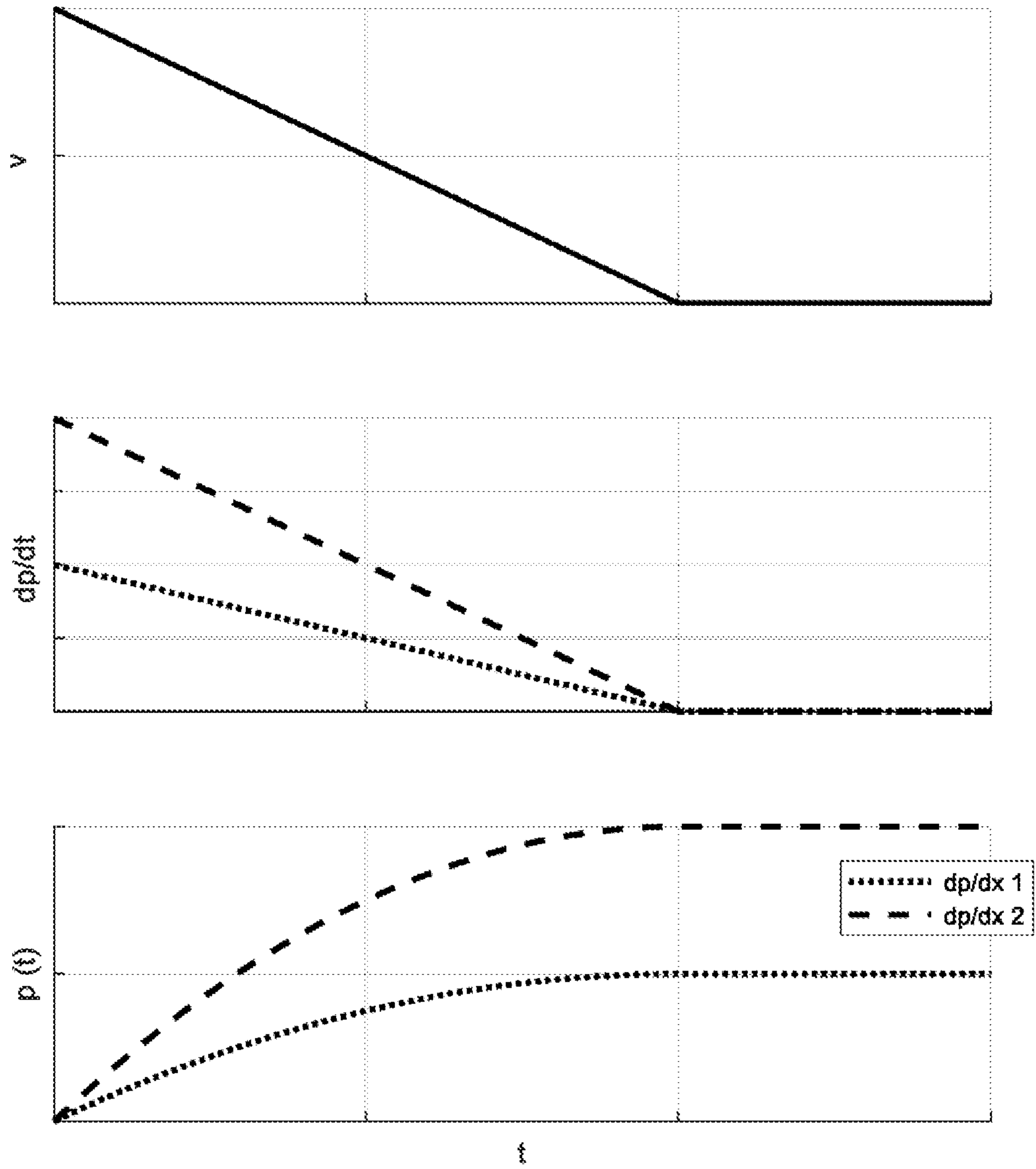


Fig 3a

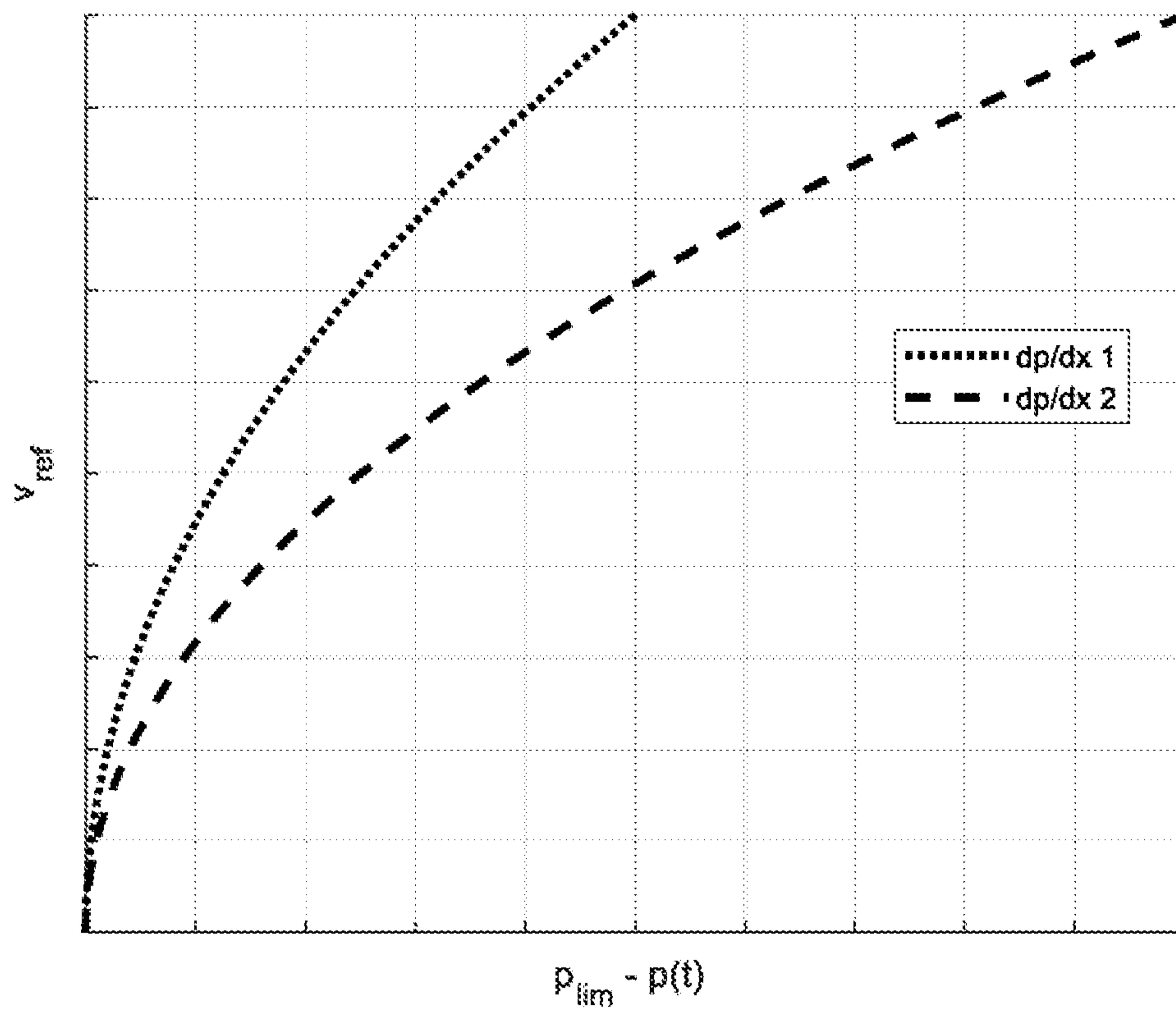


Fig 3b

