

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Januar 2009 (08.01.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/003454 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16D 48/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001077

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juni 2008 (26.06.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 031 389.8 5. Juli 2007 (05.07.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): LUK LAMELLEN UND KUPPLUNGSBAU BETEILIGUNGS KG [DE/DE]; Industriestrasse 3, 77815 Bühl (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PRAUS, Rainer [DE/DE]; Haft 55, 77833 Ottersweier (DE). WERNER, Olaf [DE/DE]; Hauptstrasse 114, 77815 Bühl (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: LUK LAMELLEN UND KUPPLUNGSBAU BETEILIGUNGS KG; Industriestrasse 3, 77815 Bühl (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING THE SLIP OF A VEHICLE CLUTCH

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM REGELN DES SCHLUPFES EINER FAHRZEUGKUPPLUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling the slip of a vehicle clutch. According to said method, the difference between a speed signal of a drive-end input shaft of the clutch and a filtered speed signal of a transmission-end output shaft of the clutch are maintained at a desired value. The method comprises the following steps: a) a raw signal n_{raw} corresponding to a current speed of the transmission-end output shaft of the clutch (12) is used to calculate a sliding average n_{ma} the averaging range of N interrupts of which is adapted to a chatter frequency $1/T$ for a respective gear; b) the sliding average n_{ma} calculated in the current interrupt and a sliding average n_{ma_old} calculated during the previous interrupt are used to calculate a derivation of the sliding average n_{dot} ; c) the calculated derivation of the sliding average n_{dot} and a smoothed derivation of the speed signal $n_{dot\_filt\_old}$ calculated during the previous interrupt are used, in conjunction with a PT1 filter, to calculate a smoothed derivation of the speed signal n_{dot_filt} ; d) the filter speed signal n_{filt_old} calculated during the previous interrupt and the smoothed derivation n_{dot_filt} are used to calculate a predicted speed signal n_{pred} for the current interrupt; e) the raw signal n_{raw} and the filter speed signal n_{filt_old} filtered during the previous interrupt are used to calculate a weighted average n_{PT1} ; and f) the weighted average n_{PT1} and the predicted speed signal n_{pred} are used to calculate the filter speed signal n_{filt} .

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Regeln des Schlupfes einer Fahrzeugkupplung, bei welchem Verfahren die Differenz zwischen einem Drehzahlsignal einer antriebsseitigen Eingangswelle der Kupplung und einem gefilterten Drehzahlsignal einer getriebeseitigen Ausgangswelle der Kupplung auf einem Sollwert gehalten wird, enthält folgende Schritte: a) aus einem einer augenblicklichen Drehzahl der getriebeseitigen Ausgangswelle der Kupplung (12) entsprechenden Rohsignal n_{raw} wird ein gleitender Mittelwert n_{ma} berechnet, dessen Mittelungsbreite von N Interrupts auf eine Ruffrequenz $1/T$ für einen jeweiligen Gang abgestimmt ist; b) aus dem im laufenden Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma} und aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma_old} wird eine Ableitung des gleitenden Mittelwertes n_{dot} berechnet; c) aus der berechneten Ableitung des gleitenden Mittelwertes n_{dot} und aus einer im vorangegangenen Interrupt berechneten geglätteten Ableitung des Drehzahlsignals $n_{dot\_filt\_old}$ wird mit einem PT1-Filter eine geglättete Ableitung des Drehzahlsignals n_{dot_filt} berechnet; d) aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gefilterten Drehzahlsignal n_{filt_old} und aus der geglätteten Ableitung n_{dot_filt} wird ein Prognosedrehzahlsignal n_{pred} für den laufenden Interrupt berechnet; e) aus dem Rohsignal n_{raw} und dem im vorangegangenen Interrupt gefilterten Drehzahlsignal n_{filt_old} wird ein gewichteter Mittelwert n_{PT1} berechnet; und f) aus dem gewichteten Mittelwert n_{PT1} und aus dem Prognosedrehzahlsignal n_{pred} wird das gefilterte Drehzahlsignal n_{filt} berechnet.

WO 2009/003454 A2



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Verfahren und Vorrichtung zum Regeln des Schlupfes einer Fahrzeugkupplung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung, zum Regeln des Schlupfes einer Fahrzeugkupplung, bei welchem Verfahren die Differenz zwischen einem Drehsignal einer antriebsseitigen Eingangswelle der Kupplung und einem gefilterten Drehzahlsignal einer getriebe- beseitigen Ausgangswelle der Kupplung 12 auf einem Sollwert gehalten wird.

In modernen Kraftfahrzeugen, insbesondere Personenkraftwagen, werden zunehmend automatisierte Kupplungen eingesetzt. Der Einsatz solcher Kupplungen, der nicht nur in Verbindung mit automatisierten Schaltgetrieben sondern auch mit handbetätigten Schaltgetrieben erfolgt, hat nicht nur den Vorteil verbesserten Fahrkomforts sondern führt erfahrungsgemäß, insbesondere in Verbindung mit automatisierten Schaltgetrieben, zu dem weiteren Vorteil, dass häufiger in Gängen mit langer Übersetzung gefahren wird, wodurch der Kraftstoffverbrauch und die Umweltbelastung vermindert werden.

Fig. 1 zeigt den Aufbau eines an sich bekannten Fahrzeugantriebsstrangs mit automatisierter Kupplung. Ein Antriebsmotor 10 ist über die Kupplung 12 mit einem Schaltgetriebe 14 verbunden, das im dargestellten Beispiel über eine Kardanwelle 16 mit einem Differential 18 verbunden ist, das wiederum über Gelenkwellen 20 mit den Hinterrädern 22 verbunden ist. Es versteht sich, dass der Antriebsstrang auch ein Antriebsstrang für ein Fahrzeug mit Frontantrieb oder Allradantrieb sein könnte.

Die Kupplung 12 wird von einer Betätigungseinrichtung bzw. einem Aktor 24 betätigt. Bei dem Schaltgetriebe 14 handelt es sich beispielsweise um ein automatisiertes Schaltgetriebe, das von einer Betätigungseinrichtung 26 betätigt wird.

Zur Bedienung des Getriebes ist eine Wähleinheit 28 vorgesehen, mit der verschiedene Fahrprogramme bzw. Gänge angewählt werden können. Zur Laststeuerung des Motors 10 dient ein Fahrpedal 30, das direkt oder über ein Steuergerät 32 bzw. eine elektronische Steuereinrichtung mit einem Leistungsstellorgan 34 des Antriebsmotors 10 verbunden ist.

Mit dem Steuergerät 32 sind Sensoren, wie ein Sensor 36 zur Erfassung der Drehzahl einer Schwungscheibe des Motors 10 bzw. eine Eingangswelle der Kupplung 12, ein Sensor 38 zur

- 2 -

Erfassung der Drehzahl einer nicht dargestellten Kupplungsscheibe, die drehfest mit einer Ausgangswelle der Kupplung bzw. einer Eingangswelle des Getriebes 14 verbunden ist, Drehzahlsensoren 40 zur Erfassung der Raddrehzahlen sowie weitere Sensoren, beispielsweise ein Kühlwassertemperatursensor, ein Sensor zur Erfassung der Stellung des Leistungsstellorgans 34, ein Sensor zur Erfassung der Stellung der Kupplung usw. verbunden. In dem Steuergerät 32, das in an sich bekannter Weise einen Mikroprozessor mit zugehörigen Speichereinrichtungen enthält, sind Programme abgelegt, mit denen die Betätigungseinrichtung 26, der Aktor 24 und Aktor für das Leistungsstellorgan 34 gesteuert werden.

Aufbau und Funktion der einzelnen geschilderten Baugruppen und deren Zusammenwirken sind an sich bekannt und werden daher nicht im Einzelnen erläutert.

Aus der DE 103 23 567 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt zum Modulieren des von der Kupplung übertragbaren Moments, insbesondere während des Einrückens der Kupplung beim Anfahren, um Rupfschwingungen auszuregeln. Dazu wird das Moment in Abhängigkeit von einer nur aus dem Drehzahlsignal der Kupplungsscheibe bzw. der Getriebeeingangswelle abgeleiteten gefilterten Größe moduliert. Die gefilterte Größe wird durch mehrmaliges Glätten des Drehzahlsignals der Getriebeeingangswelle über eine Zeitdauer, die gleich der Dauer einer Rupfschwingung ist, sowie durch Multiplikation mit einem Korrekturfaktor berechnet.

Um den Fahrzeugantriebsstrang von Motorschwingungsanregungen zu entkoppeln, wird daran gearbeitet, eine automatisierte Kupplung in bestimmten Drehzahlbereichen mit geringem Schlupf zu betreiben. Die durch den Schlupf erreichte Isolation kann den Komfort erheblich erhöhen. Dabei muss die Differenzdrehzahl an der Kupplung relativ genau eingestellt werden. Eine zu große Differenzdrehzahl führt zu erhöhtem Energieeintrag und Belagverschleiß, eine zu geringe Differenzdrehzahl kann zum Haften der Kupplung und damit zu verringertem Komfort führen. Bei dem üblichen Ansatz wird versucht, über eine Regelung die Differenzdrehzahl einzustellen, indem das übertragbare Kupplungsmoment moduliert wird. Zur Berechnung des Schlupfes wird die Differenz zwischen der Motordrehzahl bzw. der Drehzahl einer Eingangswelle der Kupplung und der Getriebeeingangsdrehzahl bzw. der Drehzahl einer Ausgangswelle der Kupplung gebildet. Um eine Mitkopplung des Reglers an Antriebsstrangschwingungen, speziell Rupfschwingungen, zu vermeiden, ist es notwendig, die Rupfschwingungen weitestgehend aus der Getriebeeingangsdrehzahl zu eliminieren. Ein reiner PT1-Filter ist dazu ungeeignet, da dieser Filter eine ausreichende Glättung der Getriebedrehzahl nur

auf Kosten einer zu großen Phasenverschiebung zwischen Motor- und Getriebedrehzahl erreicht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln des Schlupfes einer Kupplung bereitzustellen, mit dem bzw. der insbesondere folgende Forderungen hinsichtlich einer Filterung des Drehzahlsignals des Getriebeeingangsdrehzahlsensors erfüllt werden können:

Rupfeschwingungen mit einer für den jeweils gewählten Gang typischen Rupffrequenz sind zu unterdrücken; das gefilterte Drehzahlsignal soll bei konstanter Beschleunigung, ähnlich wie bei einem PT1-Filter, nach endlicher Zeit eine geringe, fest einstellbare Phasenlage zur Motordrehzahl haben; bei Lastwechseln und Schaltungen sollen möglichst geringe Über- und Unterschwingen auftreten.

Der das Verfahren betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche sind auf vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens gerichtet.

Der Unteranspruch 10 kennzeichnet eine Vorrichtung zur Lösung des diesbezüglichen Teils der Erfindungsaufgabe.

In einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Regeln des Schlupfes einer Fahrzeugkupplung, bei welchem Verfahren die Differenz zwischen dem Drehzahlsignal der antriebsseitigen Eingangswelle der Kupplung und einem gefilterten Drehzahlsignal der getriebeseitigen Ausgangswelle der Kupplung auf einem Sollwert gehalten wird, werden folgende Schritte ausgeführt:

- a) aus einem einer augenblicklichen Drehzahl der getriebeseitigen Ausgangswelle der Kupplung entsprechenden Rohsignal n_{raw} wird ein gleitender Mittelwert n_{ma} berechnet, dessen Mittelungsbreite von N Interrupts auf eine Rupffrequenz $1/T$ für einen jeweiligen Gang abgestimmt ist;
- b) aus dem im laufenden Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma} und aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma_old} wird eine Ableitung des gleitenden Mittelwertes n_{dot} berechnet;
- c) aus der berechneten Ableitung des gleitenden Mittelwertes n_{dot} und aus einer im vorangegangenen Interrupt berechneten geglätteten Ableitung des Drehzahlsignals

- 4 -

$n\_dot\_filt\_old$ wird mit einem PT1- Filter eine geglättete Ableitung des Drehzahlsignals n_dot_filt berechnet;

- d) aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gefilterten Drehzahlsignal n_filt_old und aus der geglätteten Ableitung n_dot_filt wird ein Prognosedrehzahlsignal n_pred für den laufenden Interrupt berechnet;
- e) aus dem Rohsignal n_raw und dem im vorangegangenen Interrupt gefilterten Drehzahlsignal n_filt_old wird ein gewichteter Mittelwert n_PT1 berechnet; und
- f) aus dem gewichteten Mittelwert n_PT1 und aus dem Prognosedrehzahlsignal n_pred wird das gefilterte Drehzahlsignal n_filt berechnet.

Vorteilhafterweise wird die Ableitung n_dot entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_dot = (n\_ma - n\_ma\_old) / \Delta t,$$

wobei $\Delta t = T / N$ bzw. die Interruptlänge ist.

Vorteilhafterweise wird die geglättete Ableitung n_dot_filt entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_dot\_filt = (p2 * n\_dot + (100 - p2) * n\_dot\_filt\_old) / 100$$

wobei $p2$ ein Gewichtungsfaktor ist.

Vorteilhafterweise wird die Prognosedrehzahl n_pred entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_pred = n\_filt\_old + n\_dot\_filt * \Delta t$$

Vorteilhafterweise wird der gewichtete Mittelwert n_PT1 entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_PT1 = (p1 * n\_raw * f\_n + (100 - p1) * n\_filt\_old) / 100$$

wobei $p1$ ein Gewichtungsfaktor ist.

Vorteilhafterweise wird die gefilterte Drehzahl n_filt entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_filt = (p3 * n\_pred + (100 - p3) * n\_PT1) / 100$$

wobei $p3$ ein Gewichtungsfaktor ist.

Vorteilhafterweise kann der Gewichtungsfaktor $p3$ in einem erfindungsgemäßen Verfahren auf Null gesetzt werden, wenn die Differenz zwischen Rohsignal n_raw und gefiltertem Drehzahl-

- 5 -

signal n_{filt} einen Grenzwert für eine Zeitdauer, die länger ist als die Periodendauer T der Ruffrequenz, überschreitet.

Vorteilhafterweise kann in einem erfindungsgemäßen Verfahren nach einem Setzen auf Null von $p3$ der Wert von $p3$ in jedem Interrupt über eine Rampe um einen festen Betrag angehoben werden, bis der ursprüngliche Wert von $p3$ wieder erreicht ist.

Zweckmäßigerweise kann in einem erfindungsgemäßen Verfahren das Drehzahlsignal der antriebsseitigen Eingangswelle der Kupplung von einer elektronischen Motorsteuereinrichtung geliefert werden.

Der die Vorrichtung betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit einer Vorrichtung gelöst, die einen Sensor zum Erzeugen eines der augenblicklichen Drehzahl der Ausgangswelle entsprechenden Rohsignals n_{raw} und eine elektronische Steuereinrichtung, die einen mit dem Sensor verbundenen Eingang, und einen weiteren Eingang aufweist, an dem das Drehzahlsignal der Eingangswelle der Kupplung liegt, wobei die elektronische Steuereinrichtung den Schlupf der Kupplung entsprechend dem vorstehend geschilderten Verfahren regelt.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielsweise erläutert.

In den Figuren stellen dar:

- Fig. 1 das bereits erläuterte Schema eines an sich bekannten Antriebsstrangs,
- Fig. 2 eine Prinzipskizze zur Erläuterung der erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 3 bis 6 unterschiedliche Filterungen eines Rohsignals.

In Figur 2 stellen als Parallelogramm gezeichnete Kästchen Datenspeicher dar; als Rechteck gezeichnete Kästchen stellen Berechnungs- bzw. Verfahrensschritte dar; seitlich der Verfahrensschritte sind Parameter angegeben, die in die Rechnung einfließen.

Die Kupplung 12 aus Fig. 1 wird über den Aktor 24 derart angesteuert, dass ein vorbestimmter Kupplungsschlupf vorhanden ist, der von Betriebsparametern des Antriebsstrangs, beispielsweise der Motordrehzahl, der Stellung des Fahrpedals 30, der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem gewählten Fahrprogramm usw. abhängen kann. Der Kupplungsschlupf ist definiert als Differenz zwischen der Drehzahl des Motors 10 bzw. einer Eingangswelle der Kupplung 12

und der Drehzahl einer Ausgangswelle der Kupplung 12 bzw. einer Eingangswelle des Getriebes 14. Ein der Motordrehzahl entsprechendes Signal kann z.B. unmittelbar von einem Steuergerät des Motors geliefert werden. Dies hat den Vorteil, dass das Motordrehzahlsignal bereits geglättet ist und keine Drehungleichförmigkeiten enthält. Betreffend die Drehzahl der Getriebeeingangswelle wird ein Rohsignal n_{raw} von dem Sensor 38 erzeugt, das der augenblicklichen Drehzahl der Getriebeeingangswelle, während eines Zeitraums Δt , entspricht. Es wird beispielsweise erzeugt, indem die sich an einem Magneten während der Zeitdauer Δt vorbeibewegende Anzahl von Zähnen eines Zahnrads gezählt und aus dem Umfangswinkel über den sich diese Zähne erstrecken, und der Zeitdauer Δt als Rohsignal die augenblickliche Drehzahl berechnet wird. Diese augenblickliche Drehzahl ist häufig mit starken Schwankungen, beispielsweise in Folge von Rupfschwingungen, behaftet, so dass das entsprechende vom Sensor 38 erzeugte Signal n_{raw} , um für die Schlupfsteuerung geeignet zu sein, erfindungsgemäß anhand des Ablaufschemas 48 aus Figur 2 verarbeitet wird:

In einem ersten Verfahrensschritt 50 wird aus dem aktuellen Rohsignal n_{raw} in an sich bekannter Weise ein gleitender Mittelwert n_{ma} berechnet, dessen Mittelungsbreite 52 von N Interrupts genau auf die für den jeweiligen Gang gewünschte bzw. vorhandene Rupffrequenz abgestimmt ist, d.h., wenn die Dauer einer Rupfschwingung T ist und ein Rohsignal n_{raw} während einer Zeitdauer Δt (= Interruptlänge, beispielsweise 0,01s) konstant ist, gilt $N = T / \Delta t$, wobei N die Anzahl der Interrupts innerhalb einer Rupfschwingung darstellt. Diese Mittelung unterdrückt somit exakt eine Periode einer Schwingung. Das aktuelle Rohsignal n_{raw} wird einem Speicher 54 entnommen. Ein Stapelspeicher 56 enthält mindestens die Anzahl N vorher ermittelter Rohsignale.

In einem zweiten Verfahrensschritt 58 wird die Ableitung eines Drehzahlsignals n_{dot} aus dem im laufenden Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma} und aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma_old} entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n_{dot} = (n_{ma} - n_{ma\_old}) / \Delta t$$

Der Wert n_{ma_old} wird einem Speicher 62 entnommen. Bei konstanter Beschleunigung wird die berechnete Ableitung spätestens nach N Interrupts konstant, d.h., die erste oben genannte Forderung, dass eine typische Rupfschwingung unterdrückt wird, ist erfüllt.

- 7 -

In einem dritten Verfahrensschritt 64 wird aus der berechneten Ableitung des Drehzahlsignals n_dot und aus einer im vorangegangenen Interrupt berechneten geglätteten Ableitung des Drehzahlsignals $n\_dot\_filt\_old$ mit einem PT1-Filter eine geglättete Ableitung des Drehzahlsignals n_dot_filt berechnet:

$$n\_dot\_filt = (p2 * n\_dot + (100 - p2) * n\_dot\_filt\_old) / 100$$

Der mit 66 bezeichnete Faktor $p2$ ist ein Gewichtungsfaktor in [%]. Der Faktor $p2$ beeinflusst das Überschießverhalten bei Lastwechseln. Größere Werte von $p2$ führen zu kleineren Überschwüngen, kleinere Werte führen zu größeren Überschwüngen. Der bevorzugte Wertebereich von $p2$ liegt zwischen 4 und 9. Ein typischer Wert liegt bei 6.

Der Wert $n\_dot\_filt\_old$ wird einem Speicher 68 entnommen.

In einem vierten Verfahrensschritt 70 wird ein Prognosedrehzahlsignal n_pred für den laufenden Interrupt aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gefilterten Drehzahlsignal n_filt_old und aus der geglätteten Ableitung n_dot_filt entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_pred = n\_filt\_old * + n\_dot\_filt * \Delta t$$

Der Wert n_filt_old wird einem Speicher 72 entnommen.

Bei konstanter Beschleunigung verhält sich das berechnete Prognosedrehzahlsignal wie eine PT1-Filterung und liefert eine konstante Zeitverzögerung bzgl. des Rohsignals, wodurch nach endlicher Zeit eine geringe, fest einstellbare Phasenlage zum Motordrehzahlsignal erreicht wird. Somit ist auch diese oben genannte Forderung erfüllt.

In einem fünften Verfahrensschritt 74 wird ein gewichteter Mittelwert n_PT1 aus dem Rohsignal n_raw und des im vorangegangenen Interrupt gefilterten Drehzahlsignals n_filt_old entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_PT1 = (p1 * n\_raw * f\_n + (100 - p1) * n\_filt\_old) / 100$$

Der Faktor $p1$ aus 76 ist ein Gewichtungsfaktor in [%]. Der Faktor $p1$ legt die PT1-artige Zeitverzögerung der gefilterten Drehzahl bei konstanter Beschleunigung fest. Größere Werte

von $p1$ führen zu einer kurzen Verzögerung, kleinere Werte bewirken eine längere Verzögerung. Der Wert von $p1$ liegt vorteilhaft zwischen 20 und 100. Ein typischer Wert beträgt 33.

Der Wert n_filt_old wird dem Speicher 72 entnommen; das aktuelle Rohsignal n_raw wird dem Speicher 54 entnommen. Diese Mittelung entspricht einem PT1-Filter, der eine konstante Zeitverzögerung zwischen Rohsignal und gefiltertem Signal bewirkt.

In einem sechsten Verfahrensschritt 78 wird ein gefiltertes Drehzahlssignal n_filt als gewichtetes Mittel aus dem gewichteten Mittelwert n_PT1 und aus dem Prognosedrehzahlssignal n_pred entsprechend folgender Formel berechnet:

$$n\_filt = (p3 * n\_pred + (100 - p3) * n\_PT1) / 100$$

Der mit 80 bezeichnete Faktor $p3$ ist ein Gewichtungsfaktor in [%]. Der Faktor $p3$ beeinflusst das Überschießverhalten bei Lastwechseln sowie die Restamplitude bei nicht exakt herausgefilterten Rupfschwingungen. Größere Werte von $p3$ führen zu breiteren Überschwüngen, mit kleinerer Amplitude. Kleinere Werte von $p3$ führen zu schmaleren Überschwüngen mit größerer Amplitude. Die Werte von $p3$ liegen beispielsweise zwischen 85 und 95. Ein typischer Wert beträgt 90.

n_filt wird in einem Speicher 82 gespeichert und beim nächsten Durchlauf des Ablaufdiagramms 48, analog wie n_ma_old und $n\_dot\_filt\_old$, auf n_filt_old geschrieben. n_filt ist das gefilterte Drehzahlssignal, das für die Schlupfregelung der Kupplung 12 verwendet wird.

Anhand der Fig. 3 bis 5 werden Aspekte der erfindungsgemäßen Filterung erläutert. Dabei ist auf der X-Achse die Zeit anhand fest inkrementierter Interruptpunkte dargestellt. Auf der Y-Achse ist die Getriebeeingangsdrehzahl dargestellt.

Figur 3 zeigt eine Filterung des Rohsignals n_raw mittels eines PT-1 Filters, wobei bei einer Beschleunigungsänderung ein „Überschießen“ auftritt. Das PT1- gefilterte Signal verläuft derart, dass sich zwar ein glatter Drehzahlverlauf ergibt, jedoch mit einer großen Phasenverschiebung.

Figur 4 zeigt eine Filterung des Rohsignals n_raw ebenfalls mit „Überschießen“ bei einer Beschleunigungsänderung. Auf der rechten Y-Achse ist ein Prognosegewicht bzw. der Gewichtungsfaktor $p3$ dargestellt, der hier 90 [%] beträgt. Bei konstanter Beschleunigung liefert

n_filt im Verfahrensschritt 78, wie im Bereich 0 bis etwa 250 Interrupts ersichtlich, sowohl durch die PT1- Filterung des Drehzahlsignals aus Verfahrensschritt 74 als auch durch das Prognosedrehzahlsignal ($p3 > 0$) aus Verfahrensschritt 70 eine geringe, konstante Zeitverzögerung bzgl. des Rohsignals n_raw . Bei Änderungen der Signableitung, also bei sich ändernder Beschleunigung aufgrund von z.B. Unter- oder Überschwängern bei Lastwechseln und Schaltungen, bewirkt eine Beimischung des Prognosedrehzahlsignals ($p3 > 0$) ein „Überschießen“ des gefilterten Drehzahlsignals n_filt , wie im Bereich 250 bis etwa 275 Interrupts ersichtlich.

Figur 5 zeigt eine Filterung des Rohsignals n_raw mit geringerem „Überschießen“ bei einer Beschleunigungsänderung. Auf der rechten Y-Achse ist wiederum das Prognosegewicht $p3$ dargestellt. Um das oben besprochene „Überschießen“ zu umgehen, kann der Gewichtungsfaktor $p3$ bei Beschleunigungsänderungen, wenn die Differenz zwischen Rohsignal und gefiltertem Drehzahlsignal einen Grenzwert für eine Zeitdauer, die länger als die Periodendauer T der im vorliegenden Gang zu unterdrückenden Ruffrequenz ist, überschreitet, auf Null gesetzt werden. Dies ist in der Figur 5 im Bereich von etwa 260 bis 270 Interrupts gemacht worden. Ohne Beimischung des Prognosedrehzahlsignals wird der Drehzahlfilter auf einen reinen PT1- Filter reduziert. Im Vergleich mit Figur 4 ist zu erkennen, dass das gefilterte Signal n_filt in Figur 5 in diesem Bereich schneller „abfällt“ und dem Rohsignal besser folgt. Eine frühere Deaktivierung würde die Unterdrückung der für diesen Gang gewünschten Ruffrequenz verhindern. Die Deaktivierung wird nach Ablauf einer weiteren Periodendauer wieder aufgehoben.

Figur 6 zeigt eine Filterung des Rohsignals n_raw mit geringerem „Überschießen“ bei einer Beschleunigungsänderung und allmählicher Zuschaltung des Prognosedrehzahlsignals. Auf der rechten Y-Achse ist das Prognosegewicht $p3$ dargestellt. Prinzipiell kann die Prognosebeimischung, wie in Figur 5 gezeigt wurde, schlagartig erfolgen. Besser geeignet ist jedoch eine Rampe, die $p3$ in jedem Interrupt um eine feste Prozentzahl anhebt, bis der ursprüngliche Wert von $p3$ wieder erreicht ist. Dies wird in der Figur 6 dargestellt. Insbesondere verläuft das gefilterte Signal n_filt im Bereich ab etwa 400 Interrupts mit einer geringeren Verzögerung als das gefilterte Signal n_filt aus der Figur 5, im gleichen Bereich und nach der schlagartigen Prognosebeimischung.

Wie oben anhand der Figuren 5 und 6 erläutert, ist auch die dritte der obengenannten Forderungen erfüllt.

Vorteilhaft ist, wenn bei den vorgenannten Berechnungen die Drehzahlen mit einer Genauigkeit von $0,1/U/\text{min}$ und die Beschleunigungen mit einer Genauigkeit von $0,01 (U/\text{min})/0,01\text{s}$ eingehen. Dies ist aufgrund von Rundungsfehlern, die aus der verwendeten Integerarithmetik resultieren, erforderlich. Weiter kann zur Skalierung von Drehzahlen und Beschleunigungen mit Skalierungs- bzw. Umrechnungsfaktoren gearbeitet werden. Dies ist vorteilhaft, wenn nur mit ganzen Zahlen gearbeitet wird, aber, um Rundungsfehler klein zu halten eine bzw. zwei Nachkommastellen berücksichtigt werden müssen.

Ein Skalierungsfaktor f_n für die Drehzahl kann beispielsweise betragen:

$$f_n = 10 \cdot (0,1(U/\text{min})) / (U/\text{min})).$$

Ein Skalierungsfaktor für die Beschleunigung kann lauten:

$$f_{n\_dot} = 100 \cdot (0,01(U/\text{min})) / ((U/\text{min}) \cdot 0,01\text{s}).$$

Die beschriebenen Verfahren und die Vorrichtung können in vielfältiger Weise abgeändert werden. Beispielsweise muss die elektronische Steuereinrichtung 32 kein zentrales Steuergerät sein; seine Funktionen können in unterschiedlicher Weise auf verschiedene, im Fahrzeug vorhandene Steuergeräte und Rechner verteilt werden.

Bezugszeichenliste

10	Antriebsmotor
12	Kupplung
14	Schaltgetriebe
16	Kardanwelle
18	Differential
20	Gelenkwelle
22	Hinterräder
24	Aktor
26	Betätigungseinrichtung
28	Wähleinheit
30	Fahrpedal
32	Steuergerät
34	Leistungsstellorgan
36	Sensor zur Erfassung der Motordrehzahl
38	Sensor zur Erfassung der Getriebeeingangsdrehzahl
40	Sensoren zur Erfassung der Raddrehzahlen, Kühlwassertemperatur, Stellung des Leistungsstellorgans, Stellung der Kupplung usw.
48	Ablaufschema
50	Verfahrensschritt
52	Mittelungsbreite
54	Speicher
56	Stapelspeicher
58	Verfahrensschritt
62	Speicher
64	Verfahrensschritt

- 12 -

66	Faktor p2
68	Speicher
70	Verfahrensschritt
72	Speicher
74	Verfahrensschritt
76	Faktor p1
78	Verfahrensschritt
80	Faktor p3
82	Speicher

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln des Schlupfes einer Fahrzeugkupplung (12), bei welchem Verfahren die Differenz zwischen einem Drehzahlsignal einer antriebsseitigen Eingangswelle der Kupplung (12) und einem gefilterten Drehzahlsignal einer getriebeseitigen Ausgangswelle der Kupplung (12) auf einem Sollwert gehalten wird, enthaltend folgende Schritte:
 - a) aus einem einer augenblicklichen Drehzahl der getriebeseitigen Ausgangswelle der Kupplung (12) entsprechenden Rohsignal n_{raw} wird ein gleitender Mittelwert n_{ma} berechnet, dessen Mittelungsbreite von N Interrupts auf eine Ruffrequenz $1/T$ für einen jeweiligen Gang abgestimmt ist;
 - b) aus dem im laufenden Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma} und aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gleitenden Mittelwert n_{ma_old} wird eine Ableitung des gleitenden Mittelwertes n_{dot} berechnet;
 - c) aus der berechneten Ableitung des gleitenden Mittelwertes n_{dot} und aus einer im vorangegangenen Interrupt berechneten geglätteten Ableitung des Drehzahlsignals $n_{dot\_filt\_old}$ wird mit einem PT1- Filter eine geglättete Ableitung des Drehzahlsignals n_{dot_filt} berechnet;
 - d) aus einem im vorangegangenen Interrupt berechneten gefilterten Drehzahlsignal n_{filt_old} und aus der geglätteten Ableitung n_{dot_filt} wird ein Prognosedrehzahlsignal n_{pred} für den laufenden Interrupt berechnet;
 - e) aus dem Rohsignal n_{raw} und dem im vorangegangenen Interrupt gefilterten Drehzahlsignal n_{filt_old} wird ein gewichteter Mittelwert n_{PT1} berechnet; und
 - f) aus dem gewichteten Mittelwert n_{PT1} und aus dem Prognosedrehzahlsignal n_{pred} wird das gefilterte Drehzahlsignal n_{filt} berechnet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ableitung n_{dot} entsprechend folgender Formel berechnet wird:

$$n_{dot} = (n_{ma} - n_{ma\_old}) \Delta t,$$
 wobei $\Delta t = T / N$.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die geglättete Ableitung n_{dot_filt} entsprechend folgender Formel berechnet wird:

$$n_{dot\_filt} = (p2 * n_{dot} + (100 - p2) * n_{dot\_filt\_old}) / 100$$
 wobei $p2$ ein Gewichtungsfaktor ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Prognosedrehzahlsignal n_{pred} entsprechend folgender Formel berechnet wird:

$$n_{pred} = n_{filt\_old} + n_{dot\_filt} * \Delta t$$

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der gewichtete Mittelwert n_{PT1} entsprechend folgender Formel berechnet wird:

$$n_{PT1} = (p1 * n_{raw} * f_n + (100 - p1) * n_{filt\_old}) / 100$$

wobei $p1$ ein Gewichtungsfaktor ist, und $f_n = \frac{T}{N}$.

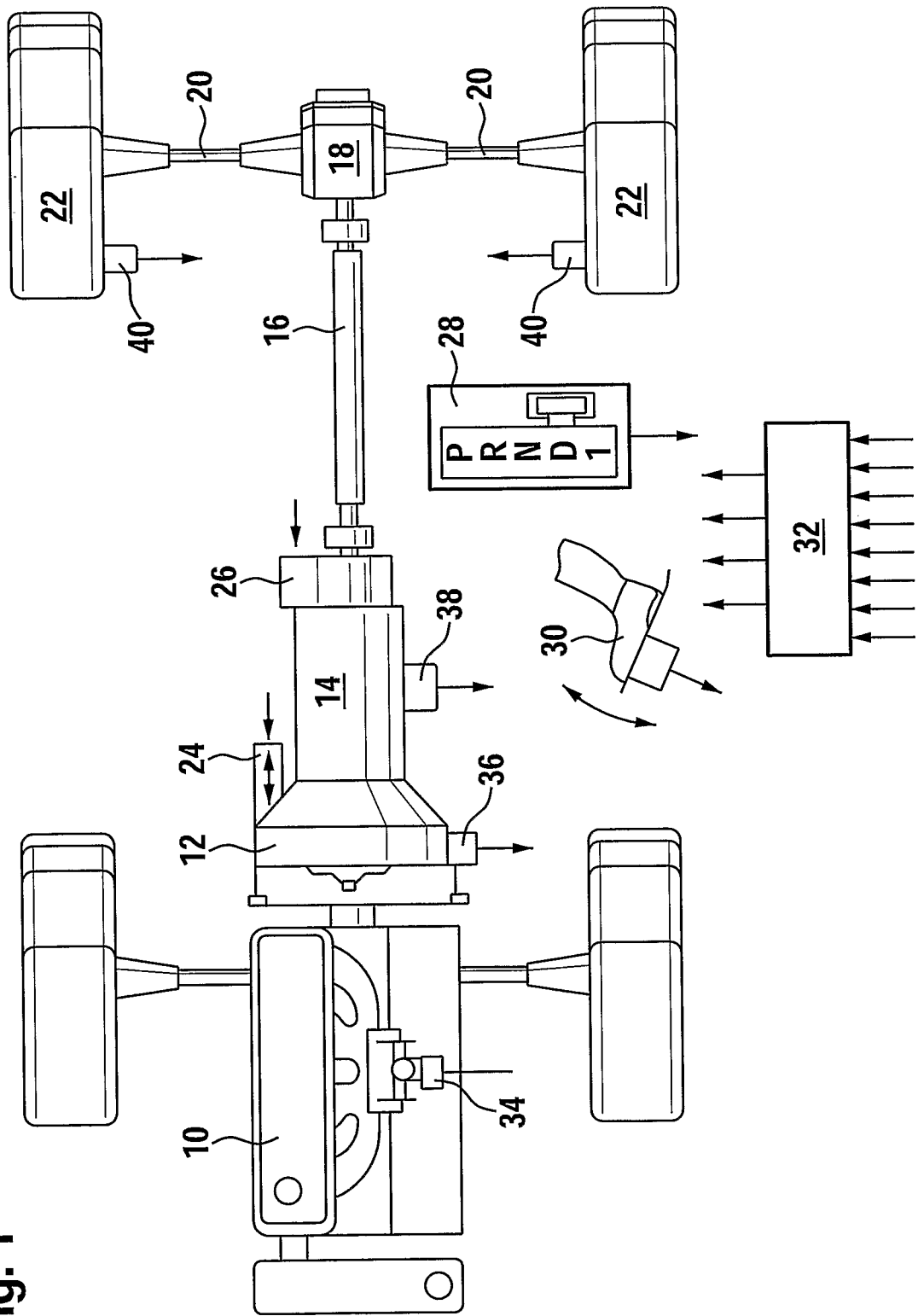
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das gefilterte Drehzahlsignal n_{filt} entsprechend folgender Formel berechnet wird:

$$n_{filt} = (p3 * n_{pred} + (100 - p3) * n_{PT1}) / 100$$

wobei $p3$ ein Gewichtungsfaktor ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei $p3$ auf Null gesetzt wird, wenn die Differenz zwischen Rohsignal n_{raw} und gefiltertem Drehzahlsignal n_{filt} einen Grenzwert für eine Zeitdauer, die länger ist als die Periodendauer T der Ruffrequenz, überschreitet.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei nach einem Setzen auf Null von $p3$ der Wert von $p3$ in jedem Interrupt über eine Rampe um einen festen Betrag angehoben wird, bis der ursprüngliche Wert von $p3$ wieder erreicht ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Drehzahlsignal der antriebsseitigen Eingangswelle der Kupplung (12) von einer elektronischen Motorsteuereinrichtung (32) geliefert wird.
10. Vorrichtung zum Regeln des Schlupfes einer Fahrzeugkupplung (12), enthaltend einen Sensor (38) zum Erzeugen eines der augenblicklichen Drehzahl der Ausgangswelle entsprechenden Rohsignals n_{raw} und eine elektronische Steuereinrichtung (32), die einen mit dem Sensor (38) verbundenen Eingang, und einen weiteren Eingang aufweist, an dem das Drehzahlsignal einer Eingangswelle der Kupplung (12) liegt, wobei die elektronische Steuereinrichtung (32) den Schlupf der Kupplung (12) entsprechend dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 regelt.

Fig. 1



2/6

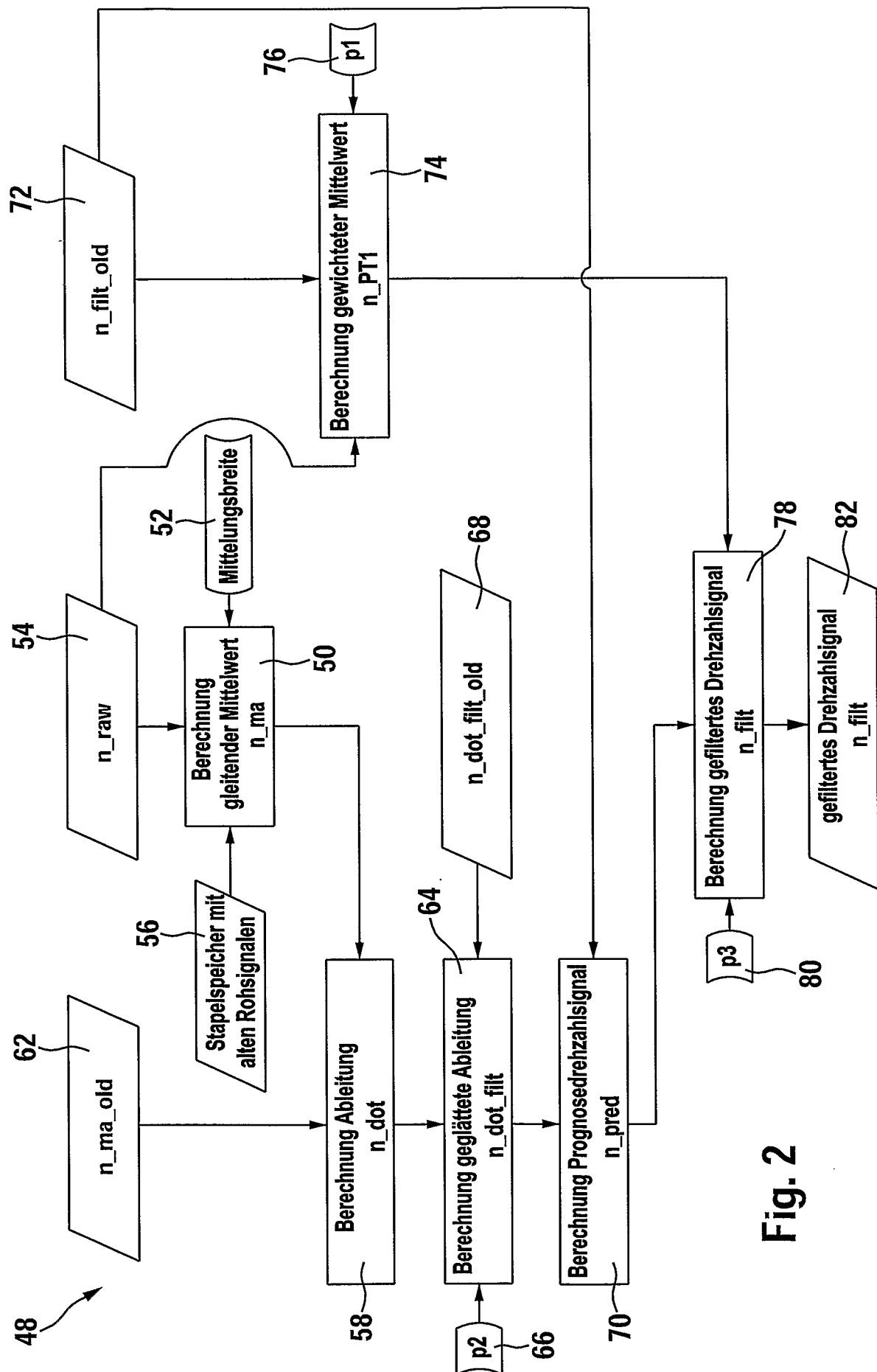
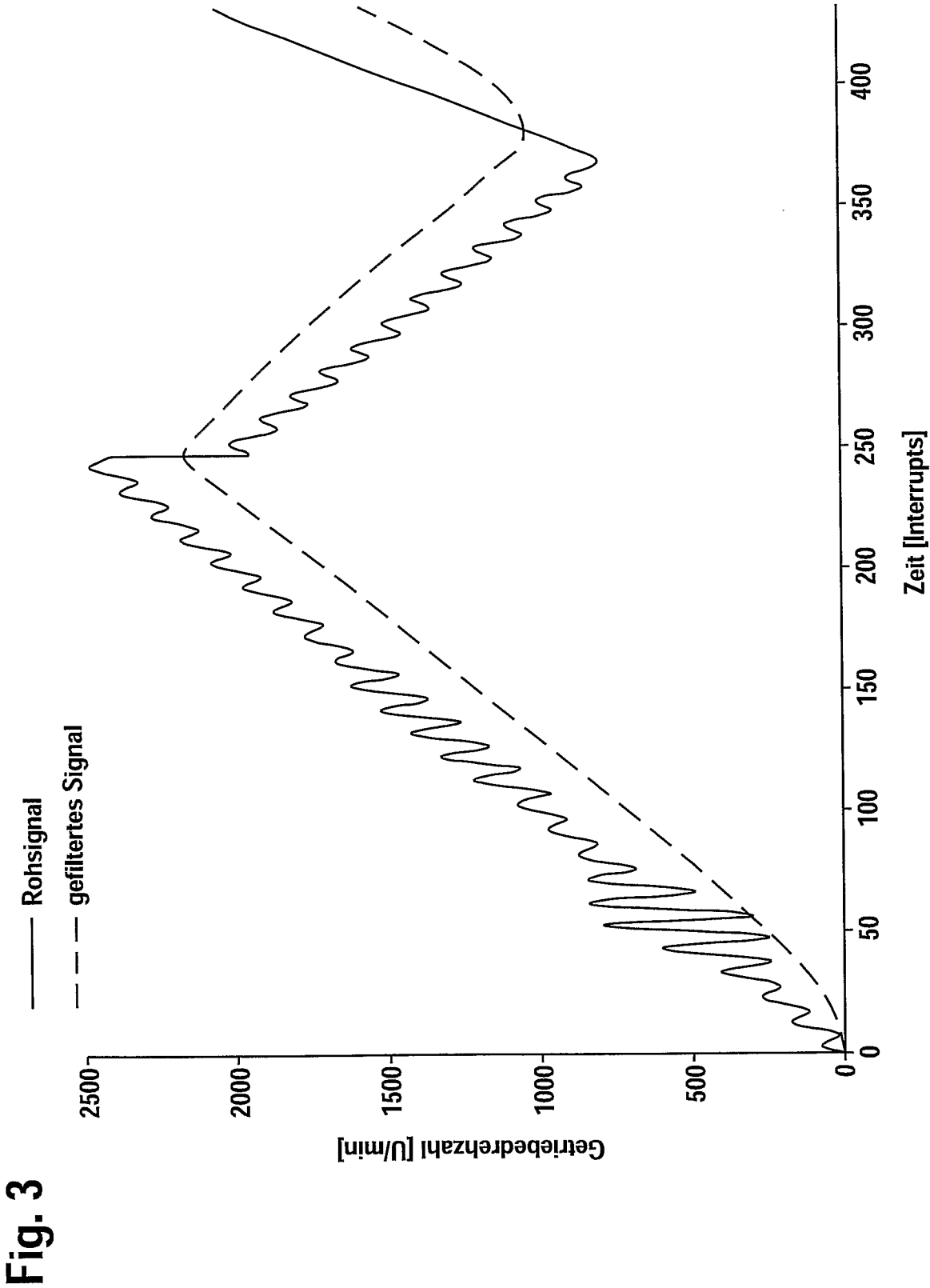
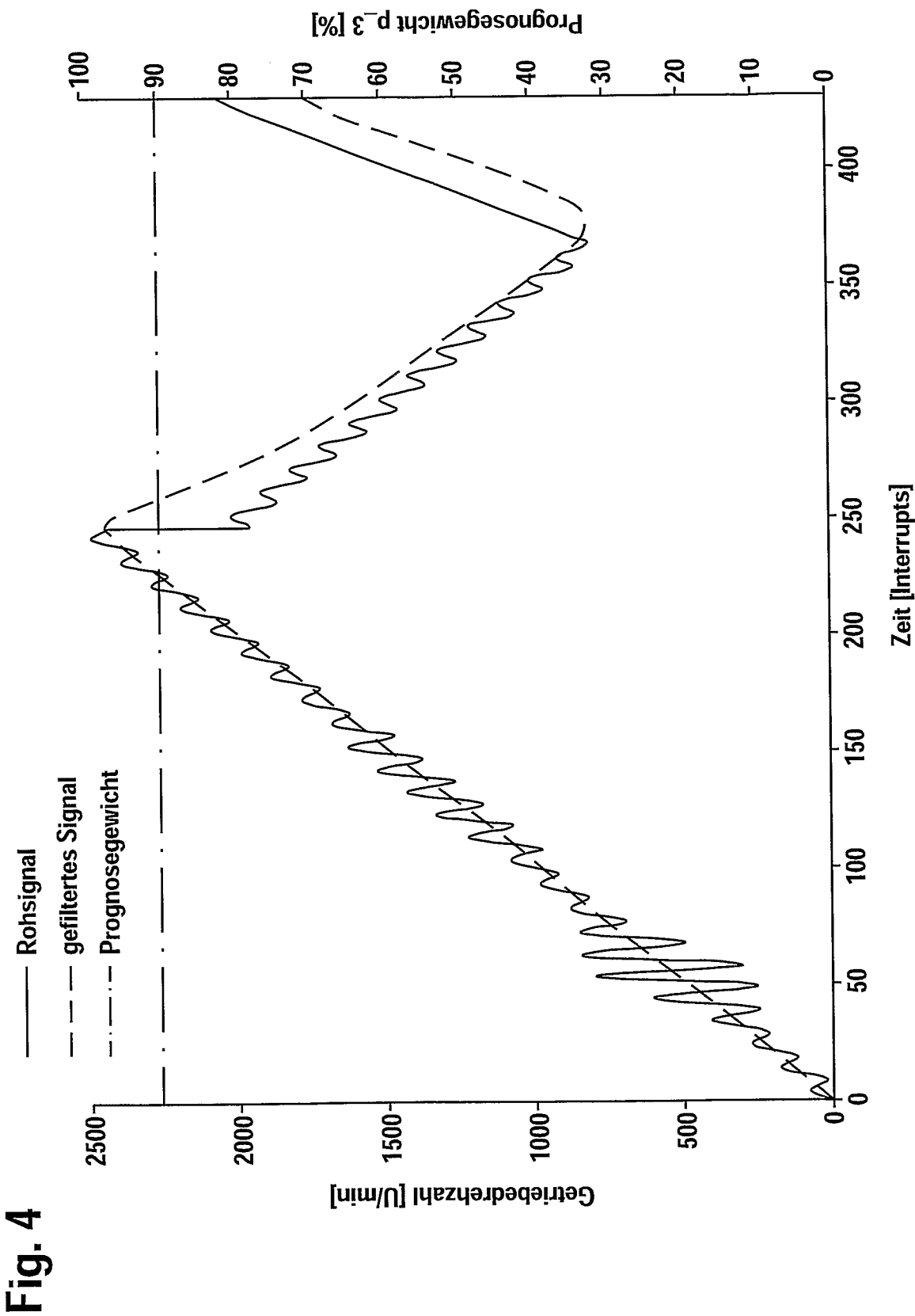
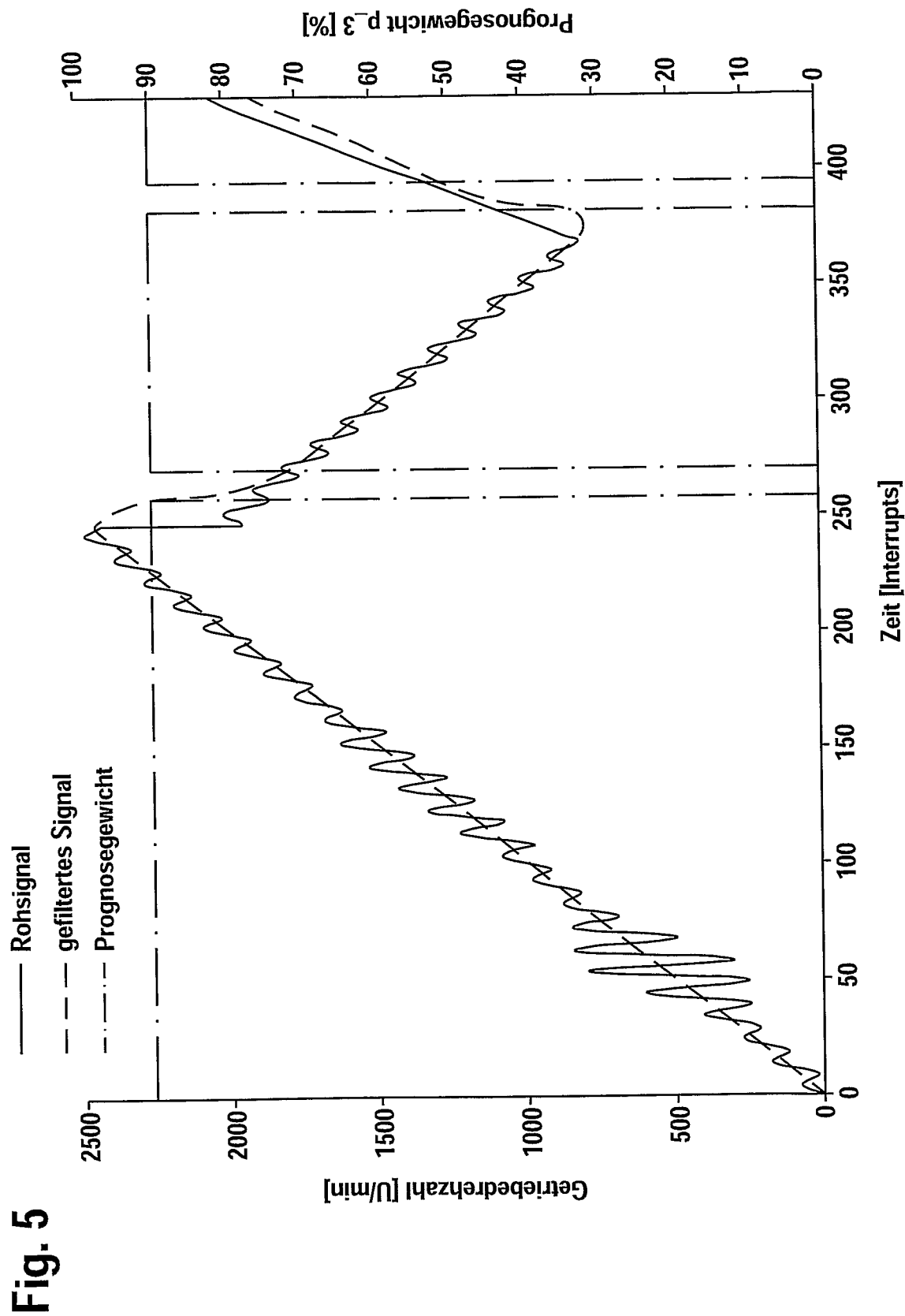


Fig. 2







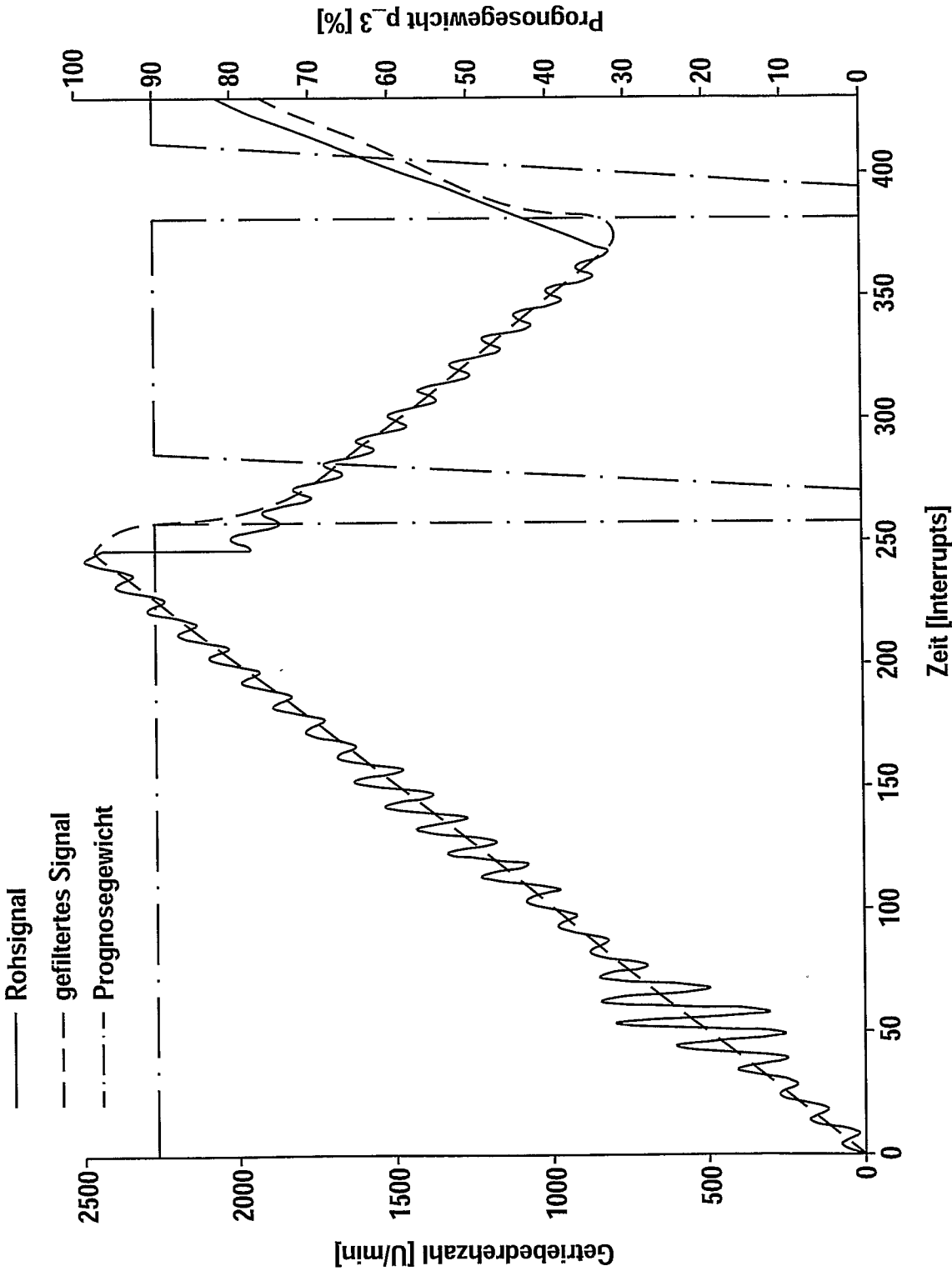


Fig. 6